


LIBRARY OF THE ROYAL COLLEGE OF PHYSICIANS EDINBURGH
non
sunt esse









UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

STRUKTUREN

INSBESONDERE ÜBER STRUKTUREN NICHTZELLIGER ERZEUGNISSE DES ORGANISMUS UND ÜBER IHRE BEZIEHUNGEN ZU STRUKTUREN, WELCHE AUSSERHALB DES ORGANISMUS ENTSTEHEN

VON



O. BÜTSCHLI

PROFESSOR DER ZOOLOGIE ZU HEIDELBERG

MIT 99 TEXTFIGUREN, SOWIE EINEM **ATLAS** VON 26 TAFELN MIKROPHOTOGRAPHIEN UND 1 LITHOGRAPHIRTEN TAFEL.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1898.



Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

HERRN

GENERALARZT A. D. DR. ADOLF HOFFMANN,

SEINEM VÄTERLICHEN FREUNDE,

WIDMET DIESES WERK IN DANKBARER VEREHRUNG

DER VERFASSER.



Vorwort.

Ueber den Ursprung des vorliegenden Werkes und den Verlauf seiner allmählichen Entstehung giebt die Einleitung genaueren Aufschluss. An dieser Stelle ist es meine Pflicht, Denjenigen zu danken, welche auf die eine oder die andere Art durch ihre gütige Mithilfe zur Vollendung des Werkes beitrugen. Meinen verehrten Kollegen, W. Kühne, H. Rosenbusch, E. Askenasy und A. Schuberg, danke ich für mancherlei Rath und Unterstützung; der letztere hatte namentlich auch die Güte, die Korrekturen der meisten Bogen einer Durchsicht zu unterziehen.

Der Verlagsbuchhandlung Wilhelm Engelmann, sowie der Kunstanstalt Meisenbach, Riffarth & Co. (Leipzig), welche sich namentlich um das Gelingen der schwierigen und kostspieligen Tafeln sehr bemühten, bin ich zu besonderem Danke verpflichtet. Obgleich mir die Universität Heidelberg für die Herstellung der Tafeln in dankenswerther Weise einen Zuschuss von Mark 800 aus der Jubiläumsstiftung gewährte, ergaben sich die Herstellungskosten des Werkes bei seiner endlichen Vollendung doch als so bedeutend, dass der Preis bedauerlicher Weise sehr hoch angesetzt werden musste. Ein von mir desshalb an die K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin gerichtetes Gesuch um einen Beitrag zu den Herstellungskosten, welcher eine erwünschte Ermässigung des Preises erlaubt hätte, wurde abschlägig beschieden.

O. Bütschli.

Inhalts-Uebersicht.

Einleitung.

Die Untersuchungen, welche in dieser Schrift ausführlich dargelegt werden und über deren wichtigste Ergebnisse bei mehreren Gelegenheiten vorläufig berichtet wurde (1892, 93, 94, 95, 96), entsprangen Erwägungen und Beobachtungen, zu denen ich beim Abschluss meiner Arbeit über das Protoplasma (1892) geführt wurde. Im Anhang zu dieser Arbeit (pag. 216—18) berichtete ich schon über einige Beobachtungen der feinen Struktur gallertiger und geronnener Körper (Gelatine und Eiweiss), welche die Vermuthung unterstützten, dass sowohl die gallertigen quellbaren, wie die geronnenen Körper einen mikroskopisch feinen, wabigen Bau besitzen. Diese Untersuchungen genauer durchzuführen, schien nicht ohne Bedeutung, wegen der prinzipiellen Wichtigkeit der Frage nach dem Bau der quellbaren Körper und der Gerinnungsvorgänge, welche sicher auch im lebenden Organismus vorübergehend oder dauernd eine wichtige Rolle spielen. Die Untersuchungen über die Gerinnung und die Struktur des geronnenen Eiweisses wurden daher im Frühjahr 1892 wieder begonnen und gleichzeitig die Gerinnungserscheinungen der Gelatine verfolgt. Die Beschäftigung mit letzterem Körper führte zur selben Zeit auch zum Studium feiner Emulsionen von Gelatine und Olivenöl, welche für das genauere Verständniss der mikroskopischen Schaumstruktur wichtig wurden, und auch einige eigenthümliche Erscheinungen, wie Strahlung u. dergl., unter besonderen Bedingungen kennen lehrten, die für das Verständniss der in geronnener Gelatine und Eiweiss auftretenden, ähnlichen Erscheinungen wichtige Fingerzeige gaben. Im Anschlusse hieran folgten im Sommer 1892 Studien über die interessanten, den karyokinetischen so ähnlichen Figuren um Luftbläschen in geronnener Gelatine und weiteres, was sich dem anreihte. Ueber diese Erfahrungen wurde im Herbst 1892 (1) ein kurzer vorläufiger Bericht veröffentlicht.

Die Gerinnungsvorgänge an einigen weiteren Körpern, wie arabischem Gummi, Celloidin, Collodium wurden nun ebenfalls verfolgt, sowie auch die stark quellbaren Körper Agar und Traganthgummi berücksichtigt und über diese Erfahrungen 1892 (2) gleichfalls eine kurze Notiz publizirt.

Wie nahe lag, zog ich Ende 1892 auch das Amylum in den Kreis der Beobachtungen und betrat damit ein Gebiet, das mich leider in der Folge noch mehrfach

und lange Zeit beschäftigen sollte. Da eingetrocknete Stärkelösung und Stärkekleister deutliche Anzeichen einer kämmerigen und geschichteten Struktur darboten, drängte sich die Untersuchung der natürlichen Stärkekörner sofort auf. Das Ergebniss war, dass ich auch bei ihnen einen feingeschichtet kämmerigen Bau nachzuweisen vermochte. Ueber diese und weitere Erfahrungen an den aus Stärkelösungen beim Eindampfen und Gefrieren zu gewinnenden Körnern, Lamellen und Fäden wurde vorläufig im März 1893 berichtet.

In dieser Zeit wandte ich meine Aufmerksamkeit auch der aus wasserlöslicher Kieselsäure zu gewinnenden Kieselgallerte zu, die eingetrocknet eine, sich wie Tabaschir verhaltende Substanz ergab, die einen feinwabigen Bau zeigte. Ebenso zog ich gewisse Niederschlagsmembranen in den Kreis der Beobachtungen.

Die Erfahrungen über die Strukturverhältnisse der Stärkekörner mussten eine Vergleichung der Inulinsphären, die häufig den Stärkekörnern gleichgestellt worden waren, veranlassen. Diese Beobachtungen wurden im Frühjahr 1893 begonnen und allmählich neben anderen weitergeführt. Da das Inulin eine zweifellos krystallisirende Verbindung ist, so musste dies den Anstoss geben, auch weitere krystallisirende Substanzen und vor allem solche, die sphärokrystallinische Formen annehmen, zu studiren. Dies war um so mehr angezeigt, als es nothwendig schien, die Erwägung zu prüfen, inwiefern und inwieweit feine globulitische Elemente durch ihre mehr oder weniger gesetzmässige Zusammenanordnung die fein gekämmerten und geschichteten Strukturen der Stärkekörner, Inulinsphären etc. hervorzubringen im Stande seien. Diese Untersuchungen, welche sich auf Salmiak, essigsaures Blei, übermangansaures Kali, doppelchromsaures Kali und kohlensauren Kalk ausdehnten, beschäftigten mich bis zum Frühjahr 1894. Auch wurden gleichzeitig einige Untersuchungen an den quellbaren Eiweisskrystallen, Schwefelglobuliten, und über die Schichtung echter Krystalle angestellt.

Die zu überwindenden optischen Schwierigkeiten bei der Untersuchung so feiner Strukturen gaben Veranlassung, die mikroskopischen Bilder feiner, stärker oder schwächer als die Umgebung brechender Kügelchen möglichst genau zu verfolgen und auch die Oberflächenpolarisation in Rücksicht zu ziehen. In den Sommer 1893 fallen ferner die Untersuchungen über die Gerinnung der löslichen (Zulkowsky'schen) Stärke. Herbst 1893 begannen die Studien über die Gerinnung der Harzlösungen. Die Ergebnisse über die Gerinnung des Collodiums und die Strukturverhältnisse der Stärke wiesen direkt auf die Prüfung der pflanzlichen Celluloseháute hin, mit denen ich mich zunächst den Winter 1893/94 beschäftigte. Gleichzeitig gelang es auch, aus der Lösung der Cellulose in Kupferoxydammoniak Cellulosesphären und -häute zu erhalten. An das Studium der Cellulosemembranen schloss sich das der verwandten Chitinhäute des Krebses an. — Ueber die Erfahrungen des Jahres 1893 veröffentlichte ich 1894 einen etwas ausführlicheren, mit einer Anzahl Mikrophotographien illustrirten Bericht. Der Sommer 1894 brachte durch Krankheit und die Einrichtung des neuen zoologischen Instituts eine Unterbrechung im Weitergang der Untersuchungen und der Winter 1894/95 wurde der genaueren Verfolgung einiger Quellungserscheinungen gewidmet, zu deren Untersuchung ich durch die Erwägung und Vermuthung eines Zusammenhanges zwischen dem feineren strukturellen Bau der quellbaren Körper und ihrer Quellbarkeit geführt worden war. Der über diese Untersuchungen 1896

erschienene Bericht, welcher sich zwar mit dem mikroskopischen Bau der quellbaren Körper nur im Allgemeinen beschäftigt, hat doch zu den in vorliegender Arbeit erörterten Verhältnissen nächste Beziehungen, weshalb auf ihn hingewiesen werden mag. Die letzterwähnten Untersuchungen waren es auch, welche 1895 zu wiederholter Untersuchung gewisser Eigenthümlichkeiten der Gelatine führten. Namentlich waren es die besonderen Verhältnisse gedehnter Fäden hochprozentiger Gelatinelösung, welche die genauere Untersuchung herausforderten. Diese führte dann zur Beobachtung der seltsamen, schiefgekreuzt streifigen Struktur derartiger Fäden. Gleichzeitig hatte die oben erwähnte Arbeit von 1896 auch das, für die Beurtheilung der feineren Struktur quellbarer Körper wichtige Verfahren der Austrocknung unter der Luftpumpe, im gehärteten Zustand, näher gelegt, was dann in dieser und der nächsten Zeit genauer geprüft wurde. Es führte auch zum Nachweis der kämmerig-alveolären Struktur bei einer Reihe weiterer Substanzen, so den Sponginfasern, der sog. Hornsubstanz der Hornkorallen, in der Medusengallerte und der Grundsubstanz des Hyalinknorpels. Auch die Untersuchungen über die mikroskopische Struktur der geronnenen quellbaren Substanzen wurden unter diesem Gesichtspunkte wiederholt geprüft und die früheren Erfahrungen bestätigt und erweitert. Ueber die letzterwähnten Erfahrungen aus dem Jahr 1895 gab ein kurzer Vorbericht Kenntniss (1895).

Im Frühjahr 1896 begann die Ausarbeitung des vorliegenden Werkes. Sie schritt jedoch sehr langsam fort, da fast bei jedem Kapitel eine erneute Prüfung der früher hergestellten Präparate, oder auch neue Versuche vorgenommen wurden. So wurde namentlich der Bau und die Struktur der Calcosphäriten nochmals eingehend geprüft und dabei auch eine Reihe wichtiger Erfahrungen den früheren zugesellt. Die Versuche über die sog. künstliche karyokinetische Figur wurden wiederholt und weiter ausgeführt. Auch die Frage nach der Struktur gedehnter Fäden von schaumig gebauten Substanzen, welche durch die Erfahrungen an den gedehnten Gelatinefäden nahe gerückt war, wurde erneut in Angriff genommen und sowohl an Fäden aus Gelatineölemulsion, als solchen aus Gummi arabicum, Eiweiss, Collodium und Kanadabalsam geprüft.

Da meine vorläufigen Mittheilungen über die Stärke und die Stärkekörner in dem Buch von Arthur Meyer (1895) in schroffster, ja beleidigender Weise zurückgewiesen und als das Ergebniss von Einbildung und groben Irrthümern bezeichnet worden waren, erwuchs mir die unangenehme Aufgabe einer nochmaligen zeitraubenden Prüfung meiner früheren Angaben. Diese im Sommer 1896 vorgenommene Arbeit wurde dadurch etwas verannehmlicht, dass es gelang, unter gewissen Bedingungen aus Stärkelösung Sphären von Stärkesubstanz zu erhalten und damit auch die Frage nach der Natur der Stärkekörner zu beleuchten. Hierüber erstattete ich im Herbst 1896 einen vorläufigen Bericht, dem sofort von A. Meyer heftig opponirt wurde, der auch diese Erfahrungen, wie meine früheren, als grobe Täuschungen verurtheilte. Hierdurch war Veranlassung gegeben, diese Untersuchungen noch weiter auszudehnen, was den erhofften Abschluss der Arbeit von neuem verzögerte, und ausserdem den Abschnitt über die Untersuchungen an der Stärke zu verhältnissmässig grossem Umfang anschwellen liess; auch fällt er deshalb etwas aus dem Rahmen der übrigen Kapitel heraus, da die Einwände und Behauptungen Meyer's dazu zwangen, auf Fragen einzugehen, so z. B. die über das Amylodextrin, welche der

Absicht meiner Untersuchungen anfänglich völlig fern lagen. Diese Arbeiten dehnten sich mit Unterbrechungen bis Ende Sommer 1897 aus.

Anfang 1897 gelang es, in altem Material aus der Zeit der ersten Versuche mit Cellulose die grossen eigenthümlichen Sphärenscheiben von Cellulose aufzufinden, die im Folgenden eingehender geschildert werden sollen.

Eine weitere Verzögerung erlitt der Abschluss dieses Werks schliesslich bei der Darstellung des Schlusskapitels über den Chitinpanzer des Krebses. Die mehr orientirenden früheren Untersuchungen (1893/94) liessen eine genauere, nochmalige Prüfung des Gegenstandes wünschenswerth erscheinen. Dabei ergab sich, dass die Verhältnisse, obgleich im Prinzip den früheren Erfahrungen völlig entsprechend, doch viel komplizirter sind, als anfänglich vorausgesetzt wurde. So wurde es nöthig, einige Monate (1897/98) dem Studium dieses verwickelten und äusserst schwierigen Gegenstands zu widmen und das betreffende Kapitel wurde, gegen Erwarten, sehr umfangreich.

Eine Arbeit, die sich so über einen Zeitraum von sechs Jahren ausdehnte, konnte nicht ganz gleichmässig ausfallen, da ja die Fähigkeit des Beobachters zur Erkennung und Beherrschung des Gegenstandes mit der Arbeit wächst. Einigermassen wurde dies dadurch auszugleichen versucht, dass, wie bemerkt, die früheren Resultate grossentheils wiederholt nachgeprüft wurden.

Wenn ich im Vorstehenden eine genauere Uebersicht der allmählichen Entstehung dieses Werkes zusammenstellte, so geschah dies nicht nur deshalb, weil dies für die Beurtheilung einer langjährigen Arbeit von Interesse, sondern vorwiegend auch darum, weil ich mehrfach auf die Meinung stiess, dass ich gewissermassen mit der Absicht und dem Bestreben an die Untersuchung der betreffenden Objekte herangetreten sei, alveoläre oder wabige Strukturen allerwärts nachzuweisen. Mir persönlich ist ja von dieser Absicht nichts bekannt; vielmehr war ich sehr überrascht, als der Fortschritt der Arbeit derartige Strukturverhältnisse selbst bei Objekten zur Beobachtung brachte, wo ich von vornherein in keiner Weise dergleichen vermuthet hätte. Umso peinlicher musste daher geprüft werden, ob die beobachteten mikroskopischen Bilder thatsächlich Realität besitzen und ob nicht, wie es nahe lag, irgend eine optische Erscheinung, unabhängig von der wirklichen Struktur der Objekte, den Anschein einer solchen hervorrufen könnte. Diese Prüfung war um so nothwendiger, als vielfach die Meinung verbreitet ist, dass aus dem mikroskopischen Bild feiner Strukturen überhaupt kein Schluss auf die wirkliche Struktur des untersuchten Objektes gezogen werden könne, sondern dass es sich hierbei nur um unreelle, durch Beugungserscheinungen hervorgerufene Bilder handele. Mit den oben erwähnten Untersuchungen gingen daher fortdauernd Prüfungen an Objekten Hand in Hand, deren thatsächliche feine Struktur sicher bekannt war, und welche daher Schlüsse über die mögliche Struktur der, in dieser Hinsicht zu erforschenden Objekte gestatteten. Meine früheren Erfahrungen über die Schaumstruktur hatten hierzu schon Anhaltspunkte geliefert, die mir auch von vornherein die Meinung Derer als unbegründet erscheinen liessen, welche die Möglichkeit der richtigen Beurtheilung des mikroskopischen Strukturbildes in Zweifel zogen.

Trotzdem ergaben sich in vielen Fällen sehr grosse, ja vielfach kaum überwindliche Schwierigkeiten, welche auf der ungemeinen Feinheit der Strukturen beruhen, die an der Grenze der Leistungsfähigkeit der Mikroskope stehen und daher der

Beurtheilung die grössten Schwierigkeiten darbieten. Vielleicht möchte Mancher deshalb geneigt sein, diese Bemühungen: auf der Grundlage von Beobachtungen, Einblick in den feineren Bau mancher der untersuchten Objekte zu gewinnen, überhaupt für aussichtslos und vergeblich zu erachten und sich daher von vornherein den Bestrebungen dieses Werkes ablehnend gegenüberstellen, auch die darauf verwandte lange Zeit für vergeudet ansehen. Die Erfahrungen, welche ich in dieser Hinsicht mit meinen Untersuchungen über die Protoplasmastrukturen machte, legen diese Möglichkeit durchaus nahe. Dazu gesellt sich, dass die Ergebnisse des vorliegenden Werkes mit gewissen liebgewonnenen Theorien und Hypothesenkombinationen, die namentlich auf botanischem Gebiet Jahrzehnte hindurch fast unbestrittene Geltung besassen, in Widerspruch treten. Eine Veränderung langgehegter Vorstellungen, auch wenn ihre Schwächen nicht ganz unbekannt waren, stösst nun schon wegen der erneuten Arbeit, die eine neue Meinung mit sich bringt, auf erheblichen Widerstand, der noch verstärkt wird, wenn die neue Ansicht von einem Nichtfachmann, also einem gewissermassen Unberufenen, ausgeht, der wohl auch, wie der Fachmann gerne voraussetzt, mit „ungeschultem Auge“ über Dinge berichtet, welche schon so lange und vielfach von den Geschulten und dazu Berufenen untersucht und theoretisch so schön zurecht gelegt waren. Dazu kommt ferner, dass manch' einem die Theorie, auch wenn sie mit Molekularhypothesen arbeitet, viel mehr imponirt, als die simple Beobachtung, die sich mühsam und langsam damit abquält, in die Beschaffenheit der untersuchten Objekte einzudringen, während die Theorie mit höherem Geistesflug, wenn auch auf schwankender Grundlage, ein in sich geschlossenes System vorführt; dagegen muss die Beobachtung überall die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit und die bleibenden Zweifel betonen.

Jedenfalls schien es aber angezeigt, wie ich schon 1891 hinsichtlich der Protoplasmastruktur betonte, „die so wesentlich verbesserten und vermehrten Hilfsmittel unserer Zeit an dieser fundamentalen Frage zu versuchen“, auch auf die Gefahr hin, dass Manche in diesen Bestrebungen nur „eine Versumpfung“ der Frage zu erkennen vermögen.

Noch mehr wie bei früheren Arbeiten habe ich in dieser eine sehr ausgedehnte Anwendung von der Mikrophotographie gemacht und deshalb wird es wohl gerechtfertigt sein, über die Gründe, aus denen dies geschah, an dieser Stelle einige Worte zu bemerken. Sich in eine neue schwierige Methode der Forschung einzuarbeiten, hat stets etwas Abschreckendes, was auch zum Theil der Grund ist, weshalb jede neue Methode mit einem Heer von Zweifeln und Bedenken begrüsst wird, die vielfach nur der natürlichen und wohlbegründeten Trägheit entspringen. So begegnet denn auch die Verwendung der Mikrophotographie allen möglichen und unmöglichen Einwänden: ihre Bilder sollen theils verschwommen, theils unklar sein, nur eine Ebene des Präparats wiedergeben u. dergl. mehr. Einwände, die vielfach nur darauf beruhen, dass Diejenigen, von welchen sie ausgehen, sich die Photographie, von der wir voraussetzen, dass sie als solche einigermassen gelungen ist, nicht mit der nöthigen Zeit und Ruhe sorgfältig betrachten, resp. studiren. Denn da die Photographie das getreue Abbild des natürlichen Objektes ist, will sie auch wie dieses sorgfältig und genau studirt werden. Dass nun die Photographien, die bei sehr starken Vergrösserungen solch' feine, an der Grenze des Sichtbaren stehende Strukturen dar-

stellen, etwas „Verschwommenes“ haben, kann doch wohl nur Demjenigen als ein Vorwurf erscheinen, welcher diese Strukturen überhaupt nicht kennt und nicht vermögend war, sie wahrzunehmen. Nur ihm kann nämlich die irrige Meinung vorschweben, dass sie auf der Photographie in der Klarheit erscheinen müssten, welche sie in der Natur gar nicht haben und die ihnen und so vielen anderen Strukturen erst durch die Hand des Zeichners in widernatürlicher Weise verliehen wird. Die Blässe und Zartheit jener Strukturen ist jedoch kein Beweis gegen ihre thatsächliche Existenz, sondern nur eine Folge ihrer Feinheit, die vielfach vom Wahrnehmbaren bis zur leisesten Andeutung zu verfolgen ist, ja, wegen der ganz allmählichen Uebergänge zuweilen auch da Struktur vermuthen lässt, wo die direkte Beobachtung nichts mehr erkennt. Die Verwendung der Photographie für die Fixirung des Bildes solch' zärtester Strukturen empfiehlt sich daher schon aus dem Grunde, weil das Auge nur schwierig diese blassen Andeutungen im mikroskopischen Bilde aufzufassen und zu verfolgen vermag, während auf einer gelungenen Photographie, bei Betrachtung mit zwei Augen und bei schwacher Vergrösserung durch eine grosse Linse, mit Ruhe und grösserer Bequemlichkeit das Bild studirt werden kann. Dazu gesellt sich weiterhin die Thatsache, welche mir bei der Anfertigung von über 1000 Photographien mit starken Vergrösserungen immer zweifelloser wurde, dass auf der photographischen Platte doch auch manches erscheint, was das Auge nicht, oder doch nicht mehr sicher wahrnimmt. Ich bin nicht selten erst durch das eingehende Studium der Photographien auf Einzelheiten aufmerksam geworden, welche ich im Mikroskop selbst nicht gesehen oder doch nicht sicher beobachtet hatte.

Zu diesen Gründen gesellen sich jedoch noch einige weitere, welche mir die ausgedehnte Verwendung der Mikrophotographie für Untersuchungen wie die vorliegenden nothwendig erscheinen lassen. Am wenigsten fällt dabei etwa ins Gewicht die Schwierigkeit, welche die Herstellung guter Zeichnungen bereitet, und die verhältnissmässig grosse Zeit, die sie beanspruchen. Mir persönlich wäre es angenehmer, nur zu zeichnen, da ich damit schneller und einfacher zu Stande komme; denn das Photographiren erfordert mindestens ebensoviel Zeit, da auf wenige gelungene Aufnahmen doch stets viele unbrauchbare oder nicht genügend charakteristische kommen. Wenn es sich daher nicht um Dinge handelte, welche auch der geübteste Zeichner nur in ganz kleinen Fragmenten in voller Naturtreue wiederzugeben im Stande wäre, würde ich es entschieden vorziehen, nur zu zeichnen. Wer aber die, dieser Arbeit beigegebenen Mikrophotographien sorgfältig betrachtet, wird sich überzeugen, dass es vollkommen aussichtslos ist, viele derselben in wirklicher Naturtreue zeichnen zu wollen. Dazu kommt, dass gerade der etwas unscharfe Charakter der feinen Strukturen, welcher von der Feinheit ihrer Elemente herrührt, von dem Zeichner unwillkürlich verschärft und verdeutlicht wird, so dass die Zeichnung ein viel zu bestimmtes und hartes Strukturbild wiedergiebt. Alle Zeichnungen, auch meine eigenen, die ich von derartig feinen Strukturen gesehen, leiden an diesem Mangel, während die Photographie den Charakter der Strukturen naturgetreu darstellt. Wenn es sich daher darum handelt, eine der Struktur wirklich entsprechende Nachbildung zu geben, so halte ich, aus den genannten Gründen, die Mikrophotographie für unentbehrlich. — Bezüglich der Naturtreue der mikrophotographischen Bilder muss übrigens Folgendes bemerkt werden. Die photographische Platte giebt bei richtiger Behandlung und

genügender Empfindlichkeit, sowie richtiger Exposition und Einstellung, das genaue Bild wieder, ja, wie vorhin bemerkt, noch mehr als das sichtbare Bild, da sie feiner empfindet als die Retina. Die mit dem Negativ hergestellten Positive können jedoch etwas verschieden ausfallen, je nach der Stärke der Kopie. Bei stark, d. h. lang kopirten, dunklen Positiven erscheinen alle zarten dunklen Linien (also die hellen im Negativ) nicht nur dunkler als bei schwacher Kopie, sondern auch breiter. Dies rührt wohl sicher von der Beugung des Lichtes her, welche an den Rändern der dunklen und hellen Partien des Negativs entsteht und eine schwache Ablenkung des Lichtes über diese Ränder hinaus bewirkt, welche sich um so merklicher macht, je länger kopirt wird. Der Unterschied einer schwachen und starken Kopie ist daher häufig recht auffallend. Da man nun bei der Zartheit und Blässe der Strukturen möglichst kräftige Kopien bevorzugt, so werden auf diesen in der Regel die feineren zarten Strukturlinien etwas verbreitert, also ist die Naturtreue in dieser Hinsicht ein wenig gestört.

Wie oben angeführt, hängt die Treue der Photographie vor allem von der richtigen Einstellung ab, ein Punkt, welcher natürlich bei der Verwendung sehr starker Vergrösserungen die meisten Schwierigkeiten bereitet. Vielfach handelt es sich nur um ein Minimum von Drehung der Mikrometerschraube, das mit den zur Zeit üblichen Mitteln kaum sicher zu erreichen ist. Durch geeignete mechanische Einrichtungen liesse sich hier aber wohl abhelfen. — Die Einstellung nehme ich stets auf einer durchsichtigen Glasscheibe mit Hilfe einer Einstelllupe vor. Obgleich ich weiss, dass auch bei ausreichender Beleuchtung auf der feinen matten Scheibe, ohne Lupe, genügende Einstellung zu erzielen ist, bin ich doch stets wieder zu der erstgenannten Methode zurückgekehrt, wenn sie auch den Nachtheil hat, dass man mit der Lupe nur einen kleinen Theil des Bildes übersieht[1]). Von schwierigen Objekten war es jedoch häufig nur durch mehrfache Wiederholung der Photographie möglich, die richtige Einstellung zu erhalten.

Was heisst jedoch richtige Einstellung des Mikroskops auf ein gegebenes Strukturbild, darf man fragen. Jeder Mikroskopiker weiss, dass man von einer körperlichen Struktur und sei sie noch so dünn, eine ganze Zahl verschieden erscheinender Bilder bei verschiedenen Einstellungen erhalten kann. Welches die richtige ist, darüber liesse sich streiten. Immerhin darf man sagen, dass dem Gefühl diejenige als richtig erscheint, d. h. dem gewöhnlichen Sehen am entsprechendsten, welche die dichteren Theile der Struktur dunkel, die weniger dichten dagegen hell zeigt. Dies ist auch die Einstellung, welche dem Farbenbild der gut gefärbten Struktur entspricht. Der folgende Abschnitt wird genauer über diese Fragen handeln. Nun gewährt aber die Mikrophotographie noch einen ganz besonderen Vortheil gerade hinsichtlich dieser verschiedenen Einstellungen; sie gestattet nämlich, genaue und ganz direkt vergleichbare Bilder einer Struktur bei den verschiedenen Einstellungen anzufertigen und diese mit einander zu vergleichen, was ohne Hilfe der Photographie wohl ganz unmöglich wäre. Auf den, dieser Arbeit beigegebenen Tafeln habe ich häufig von diesem Hilfsmittel Gebrauch gemacht und dasselbe Strukturbild bei verschiedenen Einstellungen wiedergegeben, weil daraus wichtige Schlüsse zu ziehen sind.

---

1) Genaueres über die Herstellung der Photographien siehe in der Einleitung zur Tafelerklärung.

Endlich wäre hier noch ein letzter und wichtiger Grund anzuführen, der mich zur ausgedehnten Verwendung der Mikrophotographie führte. Bekanntlich vermögen eine Anzahl derjenigen Forscher, welche sich mit den von mir geschilderten Strukturen des Protoplasmas u. A. beschäftigt haben, nichts von dem zu sehen, was ich gezeichnet und zum Theil auch photographirt habe. Unter diesen Umständen ist es natürlich, dass sie meinen Zeichnungen kein besonderes Vertrauen entgegenbringen können, da sie ja ihren eigenen Erfahrungen widersprechen. Es bleibt demnach nur der Weg offen, das Licht direkt zeichnen zu lassen, d. h. die Photographie. Dieser Grund hat mich daher sehr wesentlich dazu bestimmt, alles, soweit möglich, durch Photographien zu belegen. Ob zwar damit viel gewonnen sein wird zur Ueberzeugung der genannten Forscher, halte ich für sehr zweifelhaft, da sie ihren Zweifel nun auf die „Verschwommenheit" der Photographien basiren werden. Es wäre dann aber nur zu wünschen, dass sie ihre ablehnenden Ansichten durch klare Photographien beweisen.

Die Mikrophotographie ist also, meiner Meinung nach, nicht nur ein hervorragendes Hilfsmittel bei der Untersuchung solch' feiner Strukturen, sondern auch der einzige Weg, um naturgetreue Bilder derselben zu reproduziren. Nur darf man sich natürlich nicht der Meinung hingeben, dass das, was die Photographie zeigt, auch stets in der Wirklichkeit existire. Die Mikrophotographie giebt eben das, was das Mikroskop zeigt; ist dies der wirklichen Struktur des Objektes nicht entsprechend, so ist es auch die Photographie nicht. Im folgenden Abschnitt wird eine genauere Erörterung der Beschaffenheit der feinen Strukturbilder versucht werden, woraus sich das Bemerkte genügend erläutern wird.

Die meisten dieser Arbeit beigegebenen Photographien sind mit Momentplatten von Schleussner (Frankfurt a/M.) oder solchen der Berliner Aktiengesellschaft für Anilinfarben (Berlin) hergestellt. Ich gebe den letztern jetzt den Vorzug, da sie härter arbeiten und weniger schleiern wie die ersteren. Sie verlangen jedoch auch fast die doppelte Expositionszeit. Für die Aufnahmen feiner Strukturen, auch ungefärbter, bei stärksten Vergrösserungen leisten orthochromatische, farbenempfindliche Platten viel mehr, wovon ich mich durch vielfache Versuche in neuerer Zeit überzeugte. Prof. Zettnow (Berlin) verdanke ich den ersten Hinweis hierauf, wie ich denn auch diesem, zweifellos ersten Meister auf dem Gebiete der Mikrophotographie für zahlreiche Winke und Anleitungen zu grossem Danke verpflichtet bin.

Eine besondere Schwierigkeit bereitet die genügende Reproduktion der Mikrophotographien, da auch die besten Methoden, Lichtdruck und Heliogravüre, nicht im Stande sind, die Feinheiten, und auf diese kommt es ja gewöhnlich besonders an, wiederzugeben. Meine früheren Erfahrungen mit dem Lichtdruck, der namentlich sehr unsicher ist in der Herstellung gleichmässig guter Abzüge, haben mich diesmal die Heliogravüre wählen lassen, mit deren Leistungen ich im Ganzen zufrieden bin. Die Anstalt von Meisenbach, Riffarth & Co. hat sich grosse Mühe gegeben in der Wiedergabe der Tafeln, wofür ich ihr aufrichtigen Dank schulde. Die ersten Tafeln sind direkt nach den Negativen, die späteren (8 – 22) nach einem, von meinen Originaltafeln gewonnenen Gesammtnegativ angefertigt. Trotz aller Bemühungen der Anstalt gelang es aber doch nicht immer, die zarten Feinheiten der Originalphotographien wiederzugeben. Schliesslich blieb mir nichts übrig, wenn ich nicht gerade auf das verzichten

wollte, worauf es vor allem ankam, als auf einer Anzahl der Positive die feinsten und blässesten Linien soweit durch zarte Retouche zu verstärken, dass sie auf der Druckplatte sichtbar wurden. Es war dies, wie gesagt, nöthig, wenn die Reproduktionen das zeigen sollten, was die Originale darboten und ich musste diesen Weg wählen, auf die Gefahr hin, dass Diejenigen, welche über die Verschwommenheit der Photographien klagen, sich dagegen der Klarheit ihrer schematisirenden Zeichnungen erfreuen, nun die Photographien als retouchirt und der Natur nicht entsprechend verwerfen werden. In der Tafelerklärung ist genau bemerkt, bei welchen Photographien eine solche vorsichtige Nachhilfe vorgenommen wurde.

Die Tafeln 24—27 dagegen sind auf autotypischem Wege nach vergrösserten, schwach retouchirten Positiven der Mikrophotographien hergestellt. Genaueres über ihre Herstellung ist in der Einleitung zur Tafelerklärung bemerkt worden.

Die Textfiguren, welche zumeist nach direkten Zeichnungen des mikroskopischen Bildes von mir ausgeführt wurden, lassen eine Vergleichung zwischen den Mikrophotographien und der Zeichnung zu.

Es scheint an dieser Stelle auch nothwendig, kurz der sonstigen Bedingungen zu gedenken, unter welchen die mikroskopischen Beobachtungen dieser Arbeit angestellt wurden. Von besonderer Wichtigkeit ist die Beleuchtung. Die Verwendung und ausgiebige Ausnutzung der starken Apochromate und der starken Kompensationsokulare macht in unseren Gegenden künstliche Beleuchtung unerlässlich, da ohne dieselbe nur in wenigen günstigen Stunden überhaupt zu beobachten wäre. Dieses Bedürfniss hat denn auch das frühere langjährige Vorurtheil gegen die Anwendung künstlichen Lichts rasch zerstört. Wie ich schon 1889 in meiner Arbeit über den Bau der Bakterien mittheilte (p. 35), verwende ich seit Jahren zu Untersuchungen mit starken Apochromaten ausschliesslich künstliches Licht, welches durch eine mit schwachblauer Flüssigkeit (Wasser mit etwas Kupferoxydammon) gefüllte sog. Schusterglocke auf den Spiegel konzentrirt wird. Obgleich die Anwendung von Auerglühlicht, in Rücksicht auf die Intensität, allen Anforderungen genügt, ziehe ich doch eine starke Petroleumlampe vor, da bei sehr subtilen Untersuchungen mit starken Vergrösserungen und sehr verengerter Blende Variationen in der Beleuchtungsstärke recht stören und die nothwendige Ruhe des Beobachters beeinträchtigen. Auch das beste Glühlicht ist jedoch etwas unruhig, während die Petroleumlampe ein ganz gleichmässiges ruhiges Licht liefert. Bei der Untersuchung feiner Strukturen mit stärksten Apochromaten und Kompensationsokularen ist eine intensive Lichtquelle dringendes Bedürfniss, denn je feiner die Strukturen, um so nöthiger ist die Verwendung möglichst parallelen Lichts, d. h. einer sehr engen Blende. Diese lässt sich aber nur anwenden, wenn die Lichtquelle eine recht starke ist. Man überzeugt sich davon leicht, wenn man mit Zirkonlicht photographirt und die Wirkung dieser viel intensiveren Lichtquelle verfolgt. Ich bin der Ansicht, dass der Grund, weshalb so viele Nachuntersucher meine Ergebnisse bezüglich der Protoplasmastruktur und Anderem nicht zu bestätigen vermochten, hauptsächlich die Nichtanwendung einer genügend starken Beleuchtung ist. Dies hat seinerseits wieder zur Folge, dass nur schwächere Kompensationsokulare verwendet werden, welche nicht im Stande sind, die subtilen Strukturen ausreichend darzustellen und ihre wahre Natur zu erkennen. Man liest ja sehr häufig, dass es keinen Vortheil böte, stärkere Okulare als etwa

Nr. 8 zu verwenden. Meine Erfahrungen sprechen durchaus gegen diese Meinung; vielmehr halte ich den Gebrauch der Okulare 12 und 18 bei hinreichend intensiver Beleuchtung für unerlässlich, um die feinen Strukturen aufzuklären, ja ich würde die Konstruktion eines noch stärkeren Okulars wie 18 als einen sehr wesentlichen Vortheil für diese Untersuchungen begrüssen. Bei genügender Dünne des Objekts ist die Anwendung des Okulars 18, hinreichende Lichtstärke vorausgesetzt, vollkommen befriedigend und erleichtert die Verfolgung der Strukturen wegen der stärkeren Auseinanderlegung der Zeichnung ganz wesentlich. Um aber die richtige, grösstmögliche Intensität der Beleuchtung des Gesichtsfeldes zu erreichen, ist eine sehr sorgfältige Einstellung des Spiegels nöthig; man wird dann manchmal überrascht sein, wie sehr das Bild an Klarheit gewinnt, gegenüber der ungenügenden Lichtstärke bei mangelhaft eingestelltem Spiegel. Gewöhnlich enthalten ja die Mittheilungen der Beobachter gar keine Angaben über die Lichtquelle und die sonstigen Bedingungen ihres Mikroskopirens; eine etwas nähere Einsicht in ihr Verfahren würde wohl vielfach zeigen, dass die gegebenen Bedingungen nicht ausreichten, um über feine Strukturen genügenden Aufschluss zu geben. Es schien mir daher auch nöthig, diesen Gegenstand hier kurz zur Sprache zu bringen, obgleich Manchem damit nichts Neues geboten werden wird.

Schliesslich noch einige Worte über die Behandlung und Darstellung der einzelnen Kapitel. Es handelt sich darin um Fragen, welche die verschiedensten Gebiete, Zoologie, Histologie, Botanik, ja Mineralogie und Physik berühren. Ich habe daher schon in meiner vorläufigen Mittheilung (1894) bemerkt, dass diese Gebiete, „welche dem Biologen ferner liegen, nicht ohne Zagen von demjenigen betreten werden, der aus Erfahrung weiss, wie leicht Irrthümer sich einstellen, wenn nicht lange Vertrautheit mit dem Gegenstand und den Untersuchungsmethoden vorhanden ist". Hier möchte ich dem zufügen, dass ich mich bei der folgenden Darstellung auf das Nothwendigste bezüglich der Heranziehung früherer Untersuchungen beschränkt habe und daher ausgedehntere litterarische Besprechungen des Standes gewisser viel diskutirter Fragen ganz unterlassen habe. Es war auch vor allem mein Bestreben, meine eigenen Untersuchungen in möglichster Kürze, soweit dies die nothwendige Verständlichkeit erlaubt, zu schildern, ohne übermässige Sorge, ob auch alle Einzelarbeiten, welche die Gegenstände berühren und vielleicht gewisse Anknüpfungspunkte bieten, citirt und besprochen sind. Die Arbeit ist trotzdem noch voluminös genug geworden, was ich im Interesse der vielgeplagten Leser aufrichtig bedauere. Aus eigener Erfahrung jedoch kenne ich dagegen ein Mittel, das sehr wirksam ist, nämlich, sie überhaupt nicht zu lesen und noch weniger gar die studirende Jugend mit dem darin Niedergelegten zu belästigen, was Herr Hamann, in aufrichtigem Mitleid mit den schwergeplagten Studenten, am Schlusse seiner Besprechung meines Buches über das Protoplasma so sehr befürchtet [1]).

Ich glaube annehmen zu dürfen, dass Diejenigen, deren Interesse sie zu einem genaueren Einblick in diese Arbeit führt, zugeben werden, dass der Verfasser sich redlich und lange geplagt hat, über gewisse schwierige Fragen Aufschluss zu erhalten. Ob ihm dies in gewissem Grade gelungen ist, wird sich erst allmählich zeigen können.

[1]) Oesterreich. Litteraturblatt. Herausgeg. d. d. Leo-Gesellsch. II. Jahrg. 1893. No. 23, p. 721.

I. Einiges über die mikroskopischen Bilder feiner Strukturen.

Schon die 1892 veröffentlichten Studien über die mikroskopische Struktur des Plasmas nöthigten dazu, auf gewisse Eigenthümlichkeiten der mikroskopischen Bilder der sehr kleinen Elemente, aus welchen sich derartige Strukturen aufbauen oder doch eventuell aufbauen könnten, näher einzugehen (s. dort p. 135—139 und gelegentlich auch an einigen anderen Stellen). Dabei zeigte sich, dass die Kenntniss dieser Erscheinungen sehr wichtig ist, um die möglichen falschen Bilder, die bei gewissen Einstellungen entstehen, zu vermeiden oder als solche zu erkennen; dass aber andererseits die Kenntniss dieser Verhältnisse auch für die richtige Beurtheilung der betreffenden Strukturen sehr werthvoll, ja ausschlaggebend sein kann. Für die in mancher Hinsicht noch schwierigeren Strukturfragen, welche in diesen Studien, wenn auch nicht gelöst, aber doch, so weit möglich, erörtert werden sollen, ist eine etwas genauere Orientirung auf diesem Gebiete noch nöthiger, wenn die Zweifel über die Deutung der beobachteten Strukturbilder nicht noch grösser bleiben sollen, als dies in manchen Fällen, trotz aller Bemühungen, sein wird. Eine Orientirung auf diesem Gebiete erscheint auch deshalb unerlässlich, als die meisten praktischen Mikroskopiker wenig darüber bemerken, ja der grossen Schwierigkeiten, die sich hier darbieten, häufig gar nicht gedacht wird, obgleich die Theoretiker (vergl. z. B. Nägeli und Schwendener) schon auf manches hingewiesen haben.

Da mir persönlich die hinreichenden Kenntnisse mangeln, um auf theoretischem Wege, in der Art, wie dies von den beiden genannten Forschern so vorzüglich geschehen ist, die hierhergehörigen Fragen zu behandeln und zu lösen, so war ich auf den Weg der empirischen Untersuchung gewiesen, deren Ergebnisse, soweit sie für die späteren Darstellungen von Wichtigkeit sind, in möglichster Kürze mitgetheilt werden sollen.

Werden feine bis feinste Tröpfchen einer stärker lichtbrechenden Flüssigkeit, z. B. solche feinemulsionirten Olivenöls, in einem schwächer brechenden Medium, wie Wasser oder Glyceringelatine, untersucht, so kann man im Allgemeinen von

den kleinsten Tröpfchen zwei verschiedene Bilder erhalten, die sich im Wesentlichen entsprechen, jedoch gewissermassen die umgekehrten Bilder von einander sind. — Das erste Bild, welches bei mässig oder stärker geöffneter Blende und bei einer Einstellung des Tubus etwas über den horizontalen Aequator des Tröpfchens auftritt, zeigt uns dasselbe heller als das umgebende Gesichtsfeld und umrahmt von einem dunklen Hof (s. Taf. 8 Fig. 9 c.). Das zweite Bild tritt dann auf, wenn der Tubus etwas unter die Aequatorialebene herabgesenkt wird; es zeigt uns das Tröpfchen dunkler als das Gesichtsfeld, umrahmt von einem helleren Hof, der gegen das dunklere Gesichtsfeld durch einen sehr zarten dunklen Saum begrenzt wird (Taf. 8 Fig. 9b). Das ersterwähnte helle und hohe Bild rührt im Allgemeinen bekanntlich daher, dass das Tröpfchen als eine kugelige Linse das Licht konzentrirt; daraus folgt denn auch die Erfahrung, dass (wenigstens bei etwas grösserem Tröpfchen und enger Blende) bei allmählichem Heben des Tubus über den Aequator das helle Bild des Tröpfchens immer kleiner und heller wird, bis schliesslich, bei Einstellung nahe auf den dem Tubus zugewendeten Pol, die grösste Helligkeit und Kleinheit erreicht ist; d. h. in diesem Falle hat man die Einstellung auf das Bild der Blende erreicht, welches das Tröpfchen als Linse entwirft.

Senkt man den Tubus noch unter die oben erwähnte Einstellung des zweiten tiefen und dunklen Bildes herab (Fig. 9b), so wird das dunkle Bild des Tröpfchens allmählich verschwommen, während sich gleichzeitig der helle Hof vergrössert; es tritt dann das Bild der Fig. 9a auf, mit Ausbildung des sogenannten falschen Netzbildes bei hinreichend dichter Lagerung der Tröpfchen und mässiger Oeffnung der Blende.

Eine ganz scharfe Einstellung auf den äquatorialen Durchschnitt solch' kleiner Tröpfchen ist sehr schwer; es wäre dies gerade die Einstellung, wo das tiefe Bild in das hohe übergeht. Dazu gesellt sich jedoch weiterhin, dass bei dieser Einstellung, wenn sie möglichst genau hergestellt wird, das Bild des Tröpfchens am wenigsten scharf und deutlich ist. Der Mikroskopiker wird unwillkürlich eine der beiden ersterwähnten Einstellungen als die schärferen und deutlicheren wählen und in der Regel die tiefere, bei welcher das Tröpfchen dunkel erscheint mit hellem Hof. — Diese Undeutlichkeit des Bildes bei genauer mittlerer Einstellung geht nun so weit, dass, wenn die Tröpfchen sehr klein sind (d. h. ihr Durchmesser auf Bruchtheile eines μ herabsinkt), sie überhaupt nur in einer der beiden ersterwähnten Einstellungen zu sehen sind, während sie bei genauer mittlerer Einstellung dem Auge verschwinden, weshalb bei allmählicher Hebung des Tubus aus der tiefen Einstellung zur hohen ein Moment eintritt, wo jede Zeichnung verschwunden ist.

Die Schärfe und Deutlichkeit der beiden geschilderten Bilder feinster Tröpfchen hängt wesentlich von der Grösse der Blendenöffnung ab, indem sowohl der Kontrast zwischen dem hellen Bild der hohen Einstellung und dem umgebenden dunkeln Hof einerseits, als der Kontrast zwischen dem dunkeln Bild der tiefen Einstellung und dem umgebenden hellen Hof andererseits, bei enger Blende viel schärfer ist und bei Oeffnung der Blende allmählich abnimmt, weshalb kleine Tröpfchen bei weit geöffneter Blende überhaupt nicht mehr sichtbar sind. Diese bekannte Erfahrung, dass feine, ungefärbte Strukturdetails bei weit geöffnetem Beleuchtungskegel nicht gesehen werden, sondern erst bei engem, d. h. bei annähernd parallelem Licht

auftreten, habe ich schon früher betont (1892 p. 115) und auf die Unfähigkeit des Auges zurückzuführen gesucht, sehr geringe Abstufungen in der Lichtstärke wahrzunehmen, also darauf, dass bei sehr stark erleuchtetem Gesichtsfeld der Kontrast zwischen diesem und dem hellen oder dunklen Bild des Tröpfchens zu gering werde, um deutlich wahrgenommen zu werden. — Diese Erklärung wäre jedoch nur dann zulässig und ist es wohl auch in gewissen Fällen und in gewissem Grade für das dunkle Bild, wenn dasselbe eine Folge der Lichtabsorption durch das Tröpfchen wäre. Dies trifft jedoch nicht zu und demgemäss zeigt auch die direkte Erfahrung, dass eine Dämpfung des zutretenden Lichtes allein die grössere Deutlichkeit und Schärfe der Bilder nicht hervorruft oder doch nur in geringem Maasse unterstützt, sondern dass es die Enge des Beleuchtungskegels ist, welche die Erscheinung hervorruft, also die Untersuchung in annähernd parallelem Licht.

Betrachten wir den Fall der tiefen Einstellung, wo das Tröpfchen dunkel erscheint mit hellem Hof, etwas näher, so haben schon Nägeli und Schwendener eingehend und soweit ich sehen kann, unzweifelhaft dargelegt, dass der helle Hof auf der Reflexion des einfallenden Lichtes an dem äquatorialen Rand des Tropfens beruht. Die Reflexion beschränkt sich jedoch nicht nur auf den Rand, sondern muss naturgemäss auf der gesammten beleuchteten Unterseite des Tropfens stattfinden, und ebenso auch für alle Strahlen von beliebigem Verlauf, welche die Tropfenoberfläche treffen. — Hieraus folgt, dass nur ein gewisser Bruchtheil des die Tropfenoberfläche treffenden Lichtes in diese eintritt, also eine Schwächung des Lichtes stattfindet, die sich eben darin ausspricht, dass bei der Einstellung unter dem Aequator der Tropfen dunkler erscheint als das Gesichtsfeld und zwar tritt dies um so klarer hervor, je intensiver der helle Hof um den Tropfen erleuchtet ist. Da nun bei sehr starker Lichtintensität erst eine relativ ansehnlichere Herabminderung der Lichtstärke empfunden wird, so scheint mir hierin die Erklärung zu liegen, dass bei sehr starkem Lichteinfall, also auch bei sehr weit geöffnetem Beleuchtungskegel das Bild des Tropfens nicht mehr wahrnehmbar ist oder doch sehr viel schwächer hervortritt als bei einer durch verengte Blende geänderten Beleuchtung. — Auf demselben Grunde beruht weiterhin auch wenigstens theilweise die oben erwähnte Erscheinung, dass bei genauer mittlerer Einstellung die Bilder feinster Tröpfchen ganz verschwinden. — Die Deutlichkeit des tiefen Bildes wird jedoch wesentlich durch den umgebenden hellen Hof bestimmt und dessen Hervortreten steht in ganz direktem Zusammenhange mit der Enge der Blende. Je weiter diese letztere geöffnet ist, desto schwächer markirt sich der helle Saum gegenüber dem intensiv erleuchteten Gesichtsfeld, je enger die Blende desto intensiver tritt der helle Hof im Gegensatz zu dem schwächer beleuchteten Gesichtsfeld hervor. Hieraus folgt also, dass je enger die Blende, d. h. je mehr sich die Beleuchtung der parallelen Bestrahlung annähert, um so mehr Licht, relativ zu dem die Beleuchtung des Gesichtsfeldes hervorrufenden, von der Unterfläche des Tropfens reflektirt wird und daher der Saum relativ heller wird wie das umgebende Gesichtsfeld und gleichzeitig auch das tiefe Bild des Tropfens dunkler. Eine Erklärung für diese Erscheinung dürfte aber darin zu suchen sein, dass bei weitgeöffnetem Beleuchtungskegel zahlreiche schief gerichtete Strahlen, die zur Erleuchtung des Gesichtsfeldes beitragen, die Unterfläche des Tropfens überhaupt nicht treffen, dass dagegen, je enger die Blende wird, die Zahl dieser Strahlen sich

fortgesetzt vermindert und daher eine relativ steigende Zahl zur Reflexion an der Unterfläche des Tropfens gelangt, weshalb eine relative Steigerung der Helligkeit des Hofes einerseits und der Dunkelheit des Tropfenbildes andererseits, gegenüber der Beleuchtung des Gesichtsfeldes eintreten muss.

Bei weit geöffneter Blende, also wenn starkgeneigte Strahlen in das Gesichtsfeld gelangen, findet, wie schon Nägeli und Schwendener erörtet haben, sogar noch Reflexion solch' schiefer Strahlen von der dem Objektiv zugewendeten, oberen Hälfte des Tropfens statt. Dies zeigt sich am schönsten bei der Untersuchung absolut undurchsichtiger Quecksilberkügelchen, wie Nägeli und Schwendener erkannten. Der Rand reflektirt hier eine solche Menge Licht, dass er wie ein glasig durchsichtiger Ring erscheint und die Deutung des auf diese Weise entstehenden Bildes dürfte die meisten Mikroskopiker, welche es nicht kennen, in ziemliche Verlegenheit setzen. An kleinen Tröpfchen erreicht dieser helle, reflektirende Randring eine Breite von nahezu $^1/_3$ des Durchmessers. Bei Verengerung der Blende wird der Reflexring immer kleiner und schwindet bald völlig, so dass das reine dunkle Abbild des Tröpfchens vorliegt. Auch sehr kleine Quecksilbertröpfchen verschwinden bei Untersuchung mit Obj. 4 mm (Ok. 12—18) und ganz geöffneter Blende nicht, erscheinen jedoch nur mattgrau, während sie bei verengerter Blende bald ganz schwarz werden. Hebt und senkt man den Tubus bei stark geöffneter Blende soweit, dass das mattgraue Bild des Tröpfchens ganz verschwindet und schliesst dann die Blende, so tritt bei starker Verengerung das schwarze Tröpfchenbild wieder scharf und in richtiger Grösse auf. Aus diesen Erfahrungen scheint hervorzugehen, dass am Undeutlichwerden des Bildes kleiner Tröpfchen und feiner Elemente bei weit geöffneter Blende auch die Reflexion schief einfallender Strahlen von der Oberfläche einen nicht unwesentlichen Antheil hat und dass diese Erfahrungen gleichzeitig die oben entwickelte Ansicht über die Wirkung der geöffneten und verengerten Blende wesentlich unterstützen.

Bei der Untersuchung grösserer, in Glyceringelatine eingebetteter Oeltröpfchen (Dm. ca. 7—14 μ) mit mässig enger Blende, ergeben sich noch gewisse sehr eigenthümliche Erscheinungen, deren Kenntniss wichtig erscheint, um sich vor eventuellen Täuschungen zu hüten. Bei hoher Einstellung, etwa auf den oberen Pol des Tropfens, erhält man, wie schon für die kleinen Tröpfchen beschrieben, ein intensiv leuchtendes Bild der Blendenöffnung, umgeben von stark dunklem, nach aussen verwaschenem Hof. Bei Senkung des Tubus tritt nun zunächst in dem hellen Bild ein centraler dunkler Punkt auf, der sich bei fortgesetzter Senkung etwas vergrössert, dann wird sein Centrum hell und der Punkt dadurch zu einem dunklen Kreis erweitert; dieselbe Erscheinung wiederholt sich bei weiterem Senken des Tubus durch fortgesetztes Auftreten neuer centraler Punkte, die sich zu Kreisen erweitern, so dass schliesslich, bei einigermassen grösseren derartigen Tröpfchen und bei etwa äquatorialer Einstellung, ein ganzes System konzentrischer Kreise in dem Bild des Tröpfchens erscheint. Diese Kreise werden von aussen nach innen blässer, so dass bei grösseren Tröpfchen nur die äusseren deutlich erkennbar sind. Gleichzeitig treten jedoch auch äusserlich in dem hellen Hof, der den dunkeln Saum des Tröpfchens umzieht, solche Kreise auf, die umgekehrt um so blässer werden, je grösser ihr Durchmesser ist. Wird der Tubus unter die Aequatorebene herabgesenkt, so nimmt die Zahl der inneren Kreise

rasch ab, sie werden verschwommener und das ganze Bild des Tropfens dunkler. Die soeben erwähnten äusseren Kreise und ihre wahrscheinliche Entstehung durch Interferenz des dunklen Lichtes mit dem von der Unterfläche des Tropfens reflektirten, haben schon Nägeli und Schwendener genau erörtert, es sind dies die bekannten sogen. Beugungs- oder Diffraktionslinien, welche man bei mikroskopischen Beobachtungen so gewöhnlich bemerkt. — Das System der inneren Kreise muss wohl im Allgemeinen ähnliche Ursachen haben, wozu ja auch wohl durch die Interferenz der den Tropfen durchsetzenden Strahlen mit den an dem äquatorialen Kugelrand eine totale Reflexion erfahrenden Gelegenheit gegeben sein wird. Wie aus der obigen Schilderung hervorgeht, erscheinen die inneren dunklen konzentrischen Kreise genau so wie dunkle, der oberen Kugelfläche konzentrische, in einander geschachtelte Kugelflächen, denn diese müssten sich bei allmählicher Senkung des Tubus ganz in der geschilderten Weise verhalten. Die Gefahr einer Verwechslung dieser Erscheinung mit wirklicher Schichtung liegt daher sehr nahe. — Wie angegeben, tritt die geschilderte Erscheinung bei stark verengter Blende sehr deutlich hervor, sie fehlt jedoch auch bei weitgeöffneter nicht, nur ist sie dann viel blässer und daher schwer sichtbar.

Besonders interessant ist ferner, dass bei etwas gepressten Tropfen, wie sie durch vorsichtiges Auflegen eines unterstützten Deckglases erhalten werden, also bei ganz geringer Abweichung der Tropfen von der Kugelgestalt, die inneren Kreise excentrisch werden. Gewöhnlich sieht man an derartigen, mit einem Deckglas bedeckten Präparaten, dass die Excentricität der Ringe in allen Tröpfchen in der gleichen Weise gerichtet ist, wohl eine Bestätigung dafür, dass der, auf alle Tröpfchen gleichmässig wirkende Druck des etwas schief aufgelegten Deckglases thatsächlich die Ursache dieser Erscheinung sein muss.

Betrachten wir nun statt der Oeltröpfchen schwächer lichtbrechende Kügelchen in einem stärker brechenden Medium, also am besten kleine bis kleinste Luftbläschen, die sich leicht in dickem Gummi, Harzen oder dergl. erzeugen lassen, oder auch kleinste Wassertröpfchen in Harzen und Oelen, so ergiebt sich, dass dieselben ganz ähnliche Bilder liefern, mit dem Unterschied, dass die entsprechenden Bilder bei umgekehrter Einstellung auftreten. — Die Luftblase erscheint bei tiefer Einstellung hell und giebt etwa bei der Einstellung auf den unteren Pol ein Bild der Blende, da sie mit ihrer unteren Hälfte wie eine Konkavlinse wirkt; dagegen liefert sie bei hoher Einstellung ein dunkles Bild. Auch die, jene beiden Bilder umgebenden Säume verhalten sich in ganz entsprechender Weise. Das Gleiche gilt denn auch bezüglich der mittleren Einstellung, sowie der Verschiedenheit bei weiter und bei enger Blende. Die Erklärung für das tiefe Bild der Luftblase liegt, wie für das entsprechend hohe des Oeltröpfchens, in ihrer Wirkung als Konkavlinse. Die Erklärung für das hohe dunkle Bild der Luftblase, das sammt seinem hellen Saume bei sehr enger Blende am schärfsten hervortritt, also bei möglichster Annäherung an parallelstrahlige Beleuchtung, ergiebt sich, wenn wir von dem Falle ausgehen, das nur paralleles Licht von unten einfalle. Dann erfährt dasselbe in einer gewissen äquatorialen Randzone der Luftblase eine totale Reflexion; es gelangt daher nur ein Bruchtheil des auf die Unterfläche der Blase auffallenden Lichts in dieselbe und wird hierbei in divergirendes Licht verwandelt, woraus folgt, dass das Bild der Blase bei hoher Einstellung am dunkelsten

erscheinen muss und dass es beim Senken des Tubus immer heller wird, bis die Einstellung auf das virtuelle Bild der Blende eintritt. Der helle Saum des dunklen hohen Bildes der Luftblase rührt einerseits von dem Theil des Lichtes her, welcher durch totale Reflexion vom äquatorialen Rande der Blase in das umgebende Gesichtsfeld gesendet wird und dessen Helligkeit vergrössert, theils auch von solchen randlichen Strahlen, welche die Luftblase unter zweimaliger Brechung passirt haben und gleichfalls noch zur Beleuchtung des umgebenden Gesichtsfeldes bei der gegebenen Einstellung beitragen. Das eben erörterte Verhalten, das für paralleles Licht gälte, wird bei enger Blende am meisten realisirt sein und sich in dem Maasse abschwächen, als die Blendenöffnung vergrössert wird, was auch thatsächlich der Fall ist.

Auch die eben für die Oeltröpfchen beschriebene Erscheinung der konzentrischen Ringbildung im Innern lässt sich an schwächer brechenden Tröpfchen in stärker brechendem Medium feststellen, nur liegen die Ringe hier genau umgekehrt in der tieferen Hälfte des Tröpfchens und man sieht die Ringe sich succesive entwickeln, wenn man den Tubus von der tiefsten Einstellung (auf das Bild der Blende) allmählich hebt bis zur Einstellung auf den Aequator. Ich habe diese Erscheinung sehr schön an wässerigen Tröpfchen verfolgen können, die sich in Harzlösung (sog. Schutzleistenkitt, alkoholischer Schellacklösung) gebildet hatten. Wie diese inneren Ringe hier zur Entwickelung gelangen, vielleicht durch Interferenz des in die Luftblase direkt getretenen Lichtes mit demjenigen, welches an der konkaven oberen Hälfte der Luftblase, die wie ein Hohlspiegel wirken muss, reflektirt wird, vermag ich hier nicht näher zu untersuchen. Dass jedoch das von der Luftblase total reflektirte Licht mit dem direkten des umgebenden Gesichtsfeldes in Interferenz tritt, ähnlich wie dies bei dem Oeltröpfchen der Fall ist, wird auch hier die Ursache für das Entstehen der sog. Beugungskreise in dem hellen Saum um das hohe dunkle Bild der Luftblase sein.

Untersuchen wir jedoch, da dies für unsere späteren Beobachtungen wichtig ist, auch kleinste Oeltröpfchen, die nicht allseitig in ein schwächerbrechendes Medium eingeschlossen sind, sondern frei auf dem Objektträger in Luft liegen, oder in ähnlicher Weise an der Unterseite eines Deckgläschens hängen. Derartige Tröpfchen, von grösster Feinheit, erhält man leicht, wenn man eine alkoholische Lösung von Olivenöl in sehr dünner Schicht auf dem Objektträger oder dem Deckglas verdunsten lässt. Die kleinsten auf diesem Wege erreichbaren, resp. noch eben sichtbaren Tröpfchen schätze ich nach Vergleichung mit einer Mikrometerskala auf 0,4 μ. Ruhen nun solche Tröpfchen dem Objektträger auf, und werden sie mit oder ohne Deckglas untersucht, so zeigen sie zunächst die beiden schon früher geschilderten Bilder, das hohe helle und das tiefe dunkle (s. nebenstehende Fig. 1 b und c). Damit ist jedoch die Zahl der Bilder nicht erschöpft, sondern bei etwas höherer Einstellung wie b lässt sich noch ein höchstes Bild beobachten, das aus einem schwachdunkeln Punkt mit ziemlich breitem hellen Saum besteht (a); beim Senken des Tubus um ein klein wenig unter die Einstellung c tritt ferner das Bild d auf, welches das Tröpfchen wieder hell mit dunklem Saum zeigt, um diesen folgt jedoch ein heller Hof, der dunkelgerandet ist. Eine kleine weitere Senkung des Tubus ergiebt schliesslich das Bild e, welches in vieler Hinsicht eine Wiederholung des Bildes a ist. Ich bemerke hierzu

dass ich dies tiefste Bild e nur mit Obj. 4 Oc. 12 (Zeiss) deutlich beobachtet habe, dagegen bei Verwendung eines Deckglases und mit Obj. 2 m nur noch d und auch dieses Bild nicht bei allen kleinsten Tröpfchen zur Ansicht brachte; es schien, als ob die Grössenverhältnisse der Tröpfchen dabei etwas Einfluss ausübten. Wie schon bemerkt, machen die beiden Bilder d und e ganz den Eindruck, als wenn sie Wiederholungen der Bilder b und a darstellten. Dass eine solche Auffassung nicht ganz unbegründet erscheint, möchte ich gleich durch die sehr ähnlichen, jedoch viel schärfer ausgeprägten Erscheinungen zeigen, welche an stärker brechenden Tröpfchen oder Kügelchen unter den gleichen Bedingungen auftreten. Besonders schön sieht

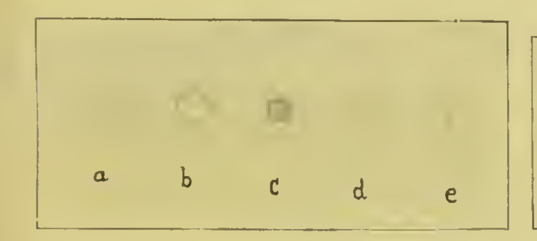


Fig. 1.

Oeltröpfchen auf Objektträger in Luft. Obj. 4. Oc 12. a höchste, e tiefste Einstellung.

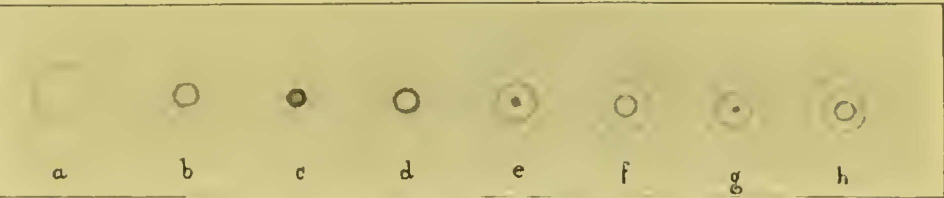


Fig. 2.

Salmiakglobulit auf Objektträger in Luft. Obj. 2. a höchste, h tiefste Einstellung.

man dies an den kleinen kugeligen Globuliten, die man beim Eintrocknen einer dünnen Schicht schwacher Lösung der verschiedenartigsten Salze auf dem Objektträger leicht erhält. Auch diese Globuliten gehen bis zu solcher Feinheit herab, dass sie dem beobachtenden Auge schliesslich als Schatten verschwinden. — Die Bilder, welche solche auf dem Objektträger, in Luft ruhende Globuliten geben, fand ich überall im Wesentlichen gleich, so dass die Schilderung der an feinen Salmiakglobuliten beobachteten genügen wird (s. Textfig. 2). Ausgehend von den beiden uns

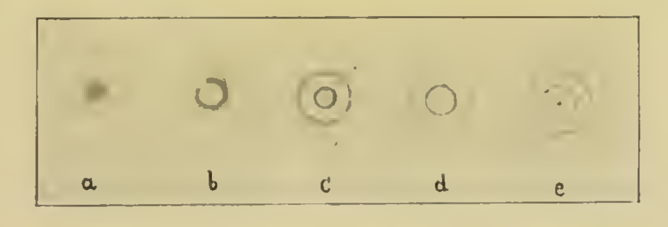


Fig. 3.

Schwefelglobulit (flüssig) aus Terpentin auf Objektträger in Luft. Obj. 2. Oc. 12. a höchste, e tiefste Einstellung.

Fig. 4.

Salmiakglobulit an Unterseite von Deckglas in Luft. Obj. 2. Oc. 18. a höchste, c tiefste Einstellung.

bekannten Bildern, dem hohen hellen b und dem tiefen dunkeln c, bemerken wir zunächst bei schwachem Heben des Tubus über b das in a dargestellte Bild, welches in der Hauptsache eine Erweiterung des hohen Bildes b ist. Ein dunkler Centralpunkt, wie er bei den Oeltröpfchen (Textfig. 1) in dieser Einstellung auftrat, wurde nicht wahrgenommen; da er jedoch bei anderen Globuliten in dieser Einstellung nicht selten beobachtet wurde (s. die Textfig. 3 von Schwefelglobuliten), so dürfte auf diese, vielleicht durch besondere Umstände bedingte Ausnahme kein besonderes Gewicht zu legen sein. Beim Senken des Tubus unter das Bild c herab tritt mit grosser Schärfe das Bild d hervor, das in seiner Beschaffenheit ganz auffallend als die Wiederholung des hohen Bildes b erscheint, nur zeichnet es sich durch grössere Dunkelheit des

dunkeln Saumes und durch intensivere Helligkeit des hellen Centrums aus, so dass es wesentlich schärfer wie b erscheint. — Wird der Tubus weiter gesenkt, so tritt, unter Erweiterung des hellen Centralfeldes, in dessen Centrum ein dunkler Centralpunkt auf (e), der sich bei fortgesetztem Senken des Tubus (f) wieder zu einem dunkelgesäumten hellen Kreis erweitert, der demnach an das Bild b erinnert. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich nun bei weiterem Senken des Tubus noch mehrfach (g, h) unter andauernder Erweiterung der schon vorhandenen dunkeln konzentrischen Kreise, welche dabei jedoch, sammt den von ihnen eingeschlossenen hellen Ringen, immer blässer werden. Ebenso werden auch die neu auftretenden Centralpunkte, resp. Kreise, fortgesetzt blässer und undeutlicher, bis schliesslich bei genügender Tubussenkung die gesammte Zeichnung allmählich verschwindet. Die gleiche Erscheinung bilde ich noch von einem Schwefelglobuliten ab, welcher durch Verdunstung aus einer Lösung von Schwefel in Terpentinöl auf dem Objektträger erhalten war (s. Textfig. 3). Wie gesagt, macht das ganze Phänomen den Eindruck, als wiederholten sich die Bilder b und c bei der Senkung des Tubus fortgesetzt; jedoch erinnert es auch sehr an die bei der Senkung des Tubus auftretenden konzentrischen Kreise in den grösseren Oeltröpfchen, wie oben geschildert wurde.

Für das genauere Verständniss dieser eigenthümlichen und leicht zu Täuschungen führenden tiefen Bildwiederholungen der Oeltröpfchen und Globuliten in Luft ist jedoch die Erfahrung recht wichtig, dass diese Erscheinung bedingt wird von der Unterlagerung der Kügelchen durch die stark brechende, eventuell auch reflektirende Glasfläche des Objektträgers. Erzeugt man nämlich die Kügelchen auf einem Deckglas und legt dies so auf einen Objektträger auf, dass die Kügelchen an der Unterseite des Deckglases hängen, also nach unten von Luft umgeben sind, so tritt bei Untersuchung mit Obj. 2 mm Z. die Wiederholung der Bilder niemals auf. Senken wir bei einem solchen Präparat von Salmiakglobuliten (s. Textfig. 4) den Tubus unter die scharfe Einstellung des tiefen dunklen Bildes c herab, so bleibt dies andauernd dunkel, erhellt sich nicht, wird nur verschwommen, bis es schliesslich erlischt. — Dagegen ist bei solchen, am Deckglas hängenden Globuliten und Oelkügelchen beim Heben des Tubus über das Bild b das Auftreten eines dunklen Centralpunktes, gewissermassen die Wiederholung des tiefen dunklen Bildes c darstellend, deutlich wahrzunehmen.

Eigenthümlich erscheint nun aber, dass auch die verschiedenen Objektive sich in dieser Beziehung nicht gleich verhalten. Während nämlich Obj. 8 und 2 mm von Zeiss bei den an der Unterseite des Deckglases hängenden Oeltröpfchen, wie angegeben, nie eine Wiederholung der Bilder beim Senken des Tubus unter die Einstellung des Bildes c ergaben, trat dies dagegen mit Obj. 4 mm in der auf Textfig. 1 dargestellten Weise auf.

Ob sich schwächer brechende Tröpfchen in stärker brechendem Medium ähnlich, jedoch wie zu erwarten, umgekehrt verhalten, d. h. eine Wiederholung der Bilder beim Heben des Tubus geben, wenn sie der Unterseite des Deckglases anhaften, d. h. von einer Glasplatte oben bedeckt werden, habe ich nicht hinreichend ermitteln können. Dagegen wurde wenigstens häufig klar und bestimmt beobachtet, dass schwächer brechende Kügelchen unter diesen Bedingungen beim Heben des Tubus über die Einstellung auf das hohe dunkle Bild ein recht intensives helles

ergeben, welches sich als eine Wiederholung des hellen tiefen betrachten liesse. Schwach brechende Hohlräume oder Einschlüsse in dünnen Krystallblättchen zeigen diese Erscheinung gewöhnlich so auffallend, dass man leicht geneigt ist, sie für stärker brechend als die Umgebung zu halten, indem man dies helle höchste Bild für das hohe eines stärker brechenden Kügelchens halten möchte, u. s. f. Nur die genaue Vergleichung der Bilder verschiedener Einstellungen und in den beiden Lagen, d. h. auf dem Deckglas oder an dessen Unterseite, sowie die übrigen Bedingungen des Falles, führen gewöhnlich zu einer sicheren Entscheidung.

Schwächer brechende Kügelchen, die auf dem Objektträger in einem stärker brechenden Medium sich finden und in Luft betrachtet werden, können jedoch auch eine ähnliche Wiederholung des Bildes beim Senken des Tubus unter die tiefe helle Einstellung geben, wie sie vorhin für Oeltröpfchen und Globuliten geschildert wurde. Nur folgt hier auf das helle tiefe Bild zunächst ein dunkles und so fort. Von dieser Thatsache konnte ich mich mit aller Bestimmtheit an den schwach brechenden, von Luft erfüllten Waben der in Alkohol geronnenen und darauf getrockneten löslichen Stärke (auf Objektträger und darüber Luft) überzeugen. Dabei ergab sich ferner, dass bei Alkoholzusatz, d. h. wenn die Luft zwischen der wabigen Stärke und dem Deckglas durch Alkohol ersetzt wurde, die erwähnte tiefe Wiederholung der Bilder völlig verschwand.

Wie gesagt, wurde die geschilderte tiefe Wiederholung der Bilder bei den erwähnten starkbrechenden Kügelchen beobachtet, wenn sie auf dem Objektträger in Luft ruhten. Obgleich hieraus folgt, dass es wohl in der Regel nothwendig ist, dass die Kügelchen von einem relativ schwach brechenden Medium umgeben sind, so ist doch nicht erforderlich, dass dies gerade Luft sei. Wenigstens hatte ich die gleiche Erscheinung schon früher in sehr auffallender Weise an Bakterien, die in Wasser auf dem Objektträger ruhten, wahrgenommen und das Gleiche auch nicht selten an in Wasser untersuchten Schaumstrukturen beobachtet, die dem Objektträger auflagen. Es ergiebt sich von selbst, dass die Kenntniss und richtige Beurtheilung dieser Erscheinung von recht erheblicher Bedeutung ist, da sie leicht bedenkliche Täuschungen veranlassen kann.

Einen bestimmten Hinweis auf die im Vorstehenden geschilderte Wiederholung mikroskopischer Bilder bei verschiedener Einstellung habe ich nachträglich in der Arbeit meines verehrten Freundes Dr. H. Flögel über Pleurosigma gefunden (1870). Da dies, abgesehen von den unten zu erwähnenden Untersuchungung Sohnke's, die einzige Nachricht ist, will ich sie hier ausführlich mittheilen. Sie lautet p. 510: „Verschafft man sich solche Membranen" (d. h. Membranen mit wellenförmig geriefter Oberfläche) „z. B. den Abdruck einer Feile in festem Kanadabalsam, so sieht man, dass in dem zusammengesetzten Mikroskop (schwächste Vergrösserung) die Sache damit nicht völlig abgethan ist" (d. h. dass nicht jeder Wellenberg und jedes Wellenthal nur ein hohes und ein tiefes Bild geben). „Stellt man auf die hellen Linien über den Bergen ein und hebt nun langsam den Tubus, so verbreitern sich diese Linien immer mehr, die grauen Zwischenräume werden schmäler; endlich tritt an der Stelle, wo früher die helle Linie lag, wieder ein grauer Schatten auf, und die früheren Schatten sind hell geworden. Dies Bild ist allerdings nur nebelhaft im Vergleich zu der eigentlichen reellen und virtuellen Brennlinie, aber doch deutlich nachweisbar. Eine gleiche Umsetzung erfolgt unterhalb des virtuellen Bildes, sobald man den Tubus senkt. Ein und derselbe Punkt in der Bildfläche des Oculars kann demnach viermal seine Beleuchtung wechseln, und vermuthlich kann man die Zahl der Scheinbilder durch passende Wahl der Streifendistanzen und recht gute Flächen noch vermehren.

Ganz dieselbe Erscheinung ist nun das Umsetzen der Bilder bei Pleurosigma angulatum, welches M. Schultze genauer beschrieben hat[1]). Er sah fünf Bilder; ich habe es auf sechs gebracht. Nämlich bei fortgesetzter Senkung des Tubus erscheint mir

1) Die Struktur der Diatomeenschale. Verhandl. d. naturh. Vereins d. Rheinl. u. Westph. 1863.

1. „ein mattes, nebelhaftes Bild, die Kammerwände sind grau, die Kammern hell“ (entspricht unserer Einstellung a, Fig. 1 u. 3),
2. „scharfes Bild, die Sechsecke hell, also wahrscheinlich die reellen Brennlinien der Wände, die Kammern als runde dunkle Kreisflächen“ (entspricht unserer Einstellung b, Fig. 1, 2, 3),
3. „sehr scharfes Bild, Wände grau, Kammern hell, wahrscheinlich die virtuellen Brennpunkte derselben“ (entspricht unserer Einstellung c),
4. „minder scharfes Bild, Wände hell, Kammern dunkel“ (entspricht unserer Einstellung d),
5. schlechtes Bild der grauen Sechsecke mit hellen Punkten“ (entspricht unserer Einstellung e),
6. „sehr mattes, nebelhaftes Bild, in dem die Wände wieder hell geworden sind“ (entspricht unserer Einstellung f, Fig. 2).

Eine Erklärung der erörterten Wiederholungen der Bilder zu geben, vermag ich nicht. Ich kann nur auf die interessante Abhandlung Sohnke's (1893) hinweisen, der zeigte, dass sich mit Objektiv Zeiss aa ausser dem gewöhnlichen Bild noch vier weitere beobachten lassen, von denen drei bei successive tieferer, das vierte dagegen bei etwas höherer Einstellung wie das gewöhnliche Bild auftreten. Er zeigt, dass diese Bilder durch Reflexion an den Grenzflächen von Luft und Glas des Objektivlinsensystems entstehen und durch nochmalige Reflexion an dem Objektträger sichtbar werden. Obgleich mancherlei der von mir geschilderten Erscheinung an die von Sohnke beschriebene erinnert, will es mir doch fast scheinen, dass dieselben nicht zusammengehören; das Phänomen erinnert mich mehr an Beugungsvorgänge; auch ist eine scharfe Abgrenzung der Bilder nicht vorhanden, sondern sie gehen, wie geschildert, in einander über.

Nachdem im Vorstehenden einige Erfahrungen über die Besonderheiten des mikroskopischen Bildes einzelner, stärker oder schwächer lichtbrechender Kügelchen geschildert wurden, gehen wir nun dazu über, auch die Bilder etwas zu studiren, die sich ergeben, wenn viele solche Kügelchen emulsionsartig dicht nebeneinander liegen. Schon früher, beim Studium feiner Schäume (1892, p. 136), wurde ich auf diese Eigenthümlichkeiten aufmerksam und habe einiges darüber mitgetheilt. Liegen nämlich stark brechende feine Kügelchen, z. B. Oeltröpfchen, emulsionsartig dicht nebeneinander oder doch in mässiger Entfernung, welche im Allgemeinen unter dem Durchmesser des Kügelchens bleiben muss, so tritt bei Einstellung auf das tiefe dunkle Bild und bei ziemlich enger Blende folgende Erscheinung auf.

Wenn jedes Oeltröpfchen von sechs benachbarten regelmässig umstellt ist (siehe Textfig. 5), so tritt bei Senkung des Tubus bis zu der Tiefe, dass die Ränder der hellen Höfe um jedes Tröpfchen die sechs benachbarten Tröpfchen erreichen, sich jedoch nicht überdecken, die Erscheinung auf, dass die dunklen Bilder der Tröpfchen in regelmässiger Weise durch dunkle Bälkchen verbunden sind, welche dreiseitige helle Maschen einschliessen. Dieses Bild, welches ich 1892 als das f a l s c h e N e t z b i l d bezeichnet habe, erklärt sich dadurch (s. die Fig. 5), dass jede helle, dreieckige Masche des Netzes von drei der hellen Höfe beleuchtet wird, dagegen jede der dunklen Verbindungsbrücken nur von zwei Höfen.

Auf Fig. 9 c Tafel 8 ist dieses Bild der Oeltröpfchen bei tiefer Einstellung photographisch wiedergegeben; natürlich ist es wegen der unregelmässigen Grösse und Lagerung der Tröpfchen nicht so regelmässig wie in dem eben vorausgesetzten Fall.

Wenn wir dies falsche Netzbild mit demjenigen vergleichen, welches die dicht gelagerten Oeltröpfchen bei hoher Einstellung geben, wo sie selbst als helle Maschenräume erscheinen, die schwächer lichtbrechende Substanz dagegen als ein, hexagonale Maschen bildendes Netzwerk, so ergiebt sich leicht, dass das falsche Netzbild sich nicht nur durch die dreieckige Gestalt seiner Maschen, sondern auch durch ihre grössere Zahl und entsprechende Kleinheit von dem hohen richtigen Maschenbild

unterscheidet. Die Vergleichung zeigt, dass jede der dreieckigen Maschen des falschen Bildes den halben Inhalt einer der sechseckigen Maschen des richtigen besitzt, dass also die Zahl der Maschen in dem falschen Bild verdoppelt ist.

Wenn die alternirend gelagerten Tröpfchen in einer Richtung etwas mehr genähert sind, so dass sie Längsreihen bilden (s. Textfig. 6), dann erscheint das tiefe falsche

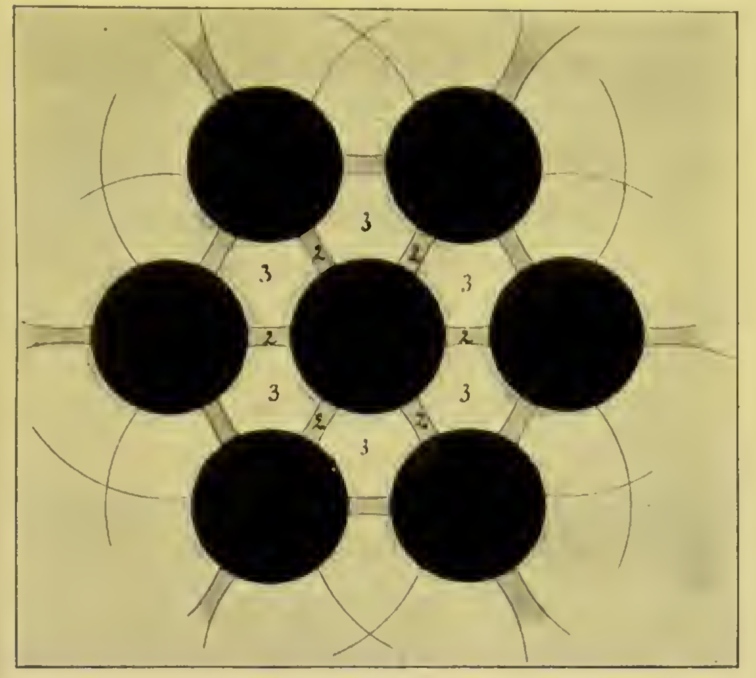


Fig. 5.

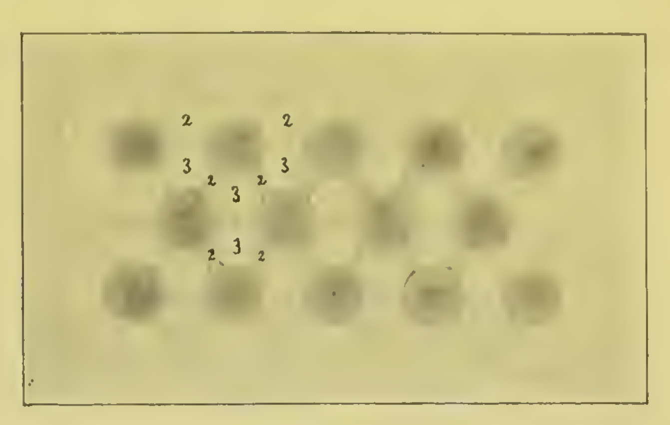


Fig. 6.

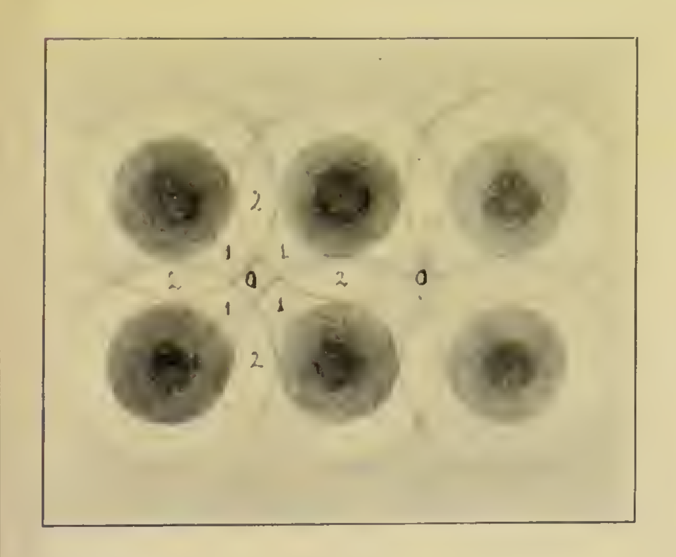


Fig. 7.

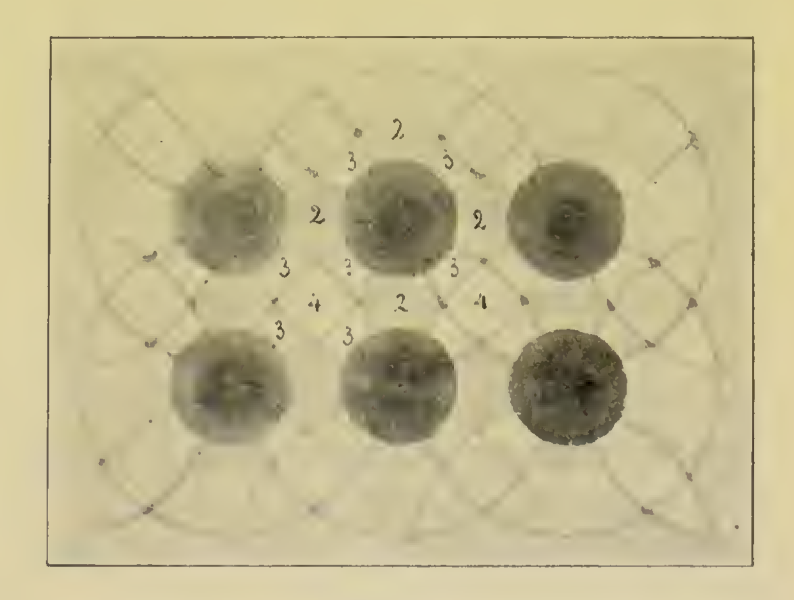


Fig. 8.

Fig. 5—8. Schemata zur Erläuterung der Entstehung der falschen Netzbilder bei tiefer Einstellung auf genäherte, stärker brechende Kügelchen und bei enger Blende. Die eingeschriebenen Zahlen bezeichnen die Zahl der hellen Höfe, welche den betreffenden Bezirk erleuchten. Die Schemata gelten ebenso für die Enstehung des hohen falschen Netzbilds bei hoher Einstellung unter entsprechenden Bedingungen.

Netzbild dadurch verändert, dass die Verbindungsbrücken zwischen den in einer Reihe liegenden Tröpfchen fehlen (s. die Figur). Dies erklärt sich daraus, dass wegen der Annäherung der Tröpfchenreihen die hellen Höfe sich an der Stelle dieser Verbindungsbrücken zu vieren überdecken, so dass hier die grösste Helligkeit besteht. Derartig gereihte alternirende Tröpfchen zeigen daher bei tiefer Einstellung in der Regel ein falsches Netzbild mit rhombischen Maschen.

Wenn die in Reihen geordneten Tröpfchen in den benachbarten Reihen nicht alterniren, sondern sich gegenüberstehen, so kann das falsche Netzbild, je nach der Tiefe der Einstellung, verschieden sein. Bei einer gewissen Entfernung der Tröpfchen und bei mässig tiefer Einstellung, wie sie Textfig. 7 zeigt, wo die mässig grossen hellen Höfe der Tröpfchen die benachbarten Tröpfchen gerade berühren, erblickt man ein falsches Netzbild derart, dass je zwei auf einanderfolgende Tröpfchen benachbarter Reihen durch eine schief verlaufende dunkle Brücke verbunden sind. Je vier benachbarte, in einem Rechteck zusammengestellte Tröpfchen sind daher durch zwei sich kreuzende dunkle Brücken verbunden, welche die Diagonalen des Rechteckes bilden. Die Erklärung dieses Bildes folgt aus der Figur. Die dunklen Brücken entstehen dadurch, dass sie nur von einem der hellen Höfe erleuchtet werden, während die Maschenräume des Netzbildes von zweien Licht erhalten. Da, wo sich die beiden Brücken zwischen vier Tröpfchen kreuzen, bleibt ein kleines Feld 0, das von keinem der benachbarten Höfe Licht erhält und welches daher am dunkelsten erscheint, sich wie ein dunkler Knotenpunkt ausnimmt. Auf der Photographie der Oeltröpfchen Taf. 8 Fig. 9 b (bei mässig tiefer Einstellung) findet man bei aufmerksamer Betrachtung an mehreren Stellen, zwischen den Tröpfchenbildern sich kreuzende dunkle Verbindungsbrückchen, welche auf die geschilderte Weise entstanden sind.

Bei noch tieferer Einstellung entsprechend gereihter Tröpfchen ändert sich das geschilderte falsche Netzbild in das auf Textfig. 8 dargestellte um. Dasselbe wird dadurch charakterisirt, dass je vier benachbarte, in einem Rechteck zusammengestellte Tröpfchen zweier benachbarter Reihen durch dunkle Brücken verbunden sind, welche die Kanten des Rechteckes bilden. Das falsche Netzbild besitzt also rechteckige Maschen, deren Knotenpunkte durch die dunklen Tröpfchenbilder dargestellt werden. Die Entstehung dieses Bildes geht aus der schematischen Fig. 8 hervor, welche zeigt, dass jede der dunklen Verbindungsbrücken dadurch entsteht, dass hier nur zwei helle Höfe aufeinanderfallen, während der helle viereckige Maschenraum in seinem mittleren Theil von vier, in seinen Ecken von je drei hellen Höfen beleuchtet wird.

Wir werden später, beim Studium gewisser feiner Strukturen natürlicher Herkunft finden, dass für ihre Beurtheilung die Kenntniss der geschilderten falschen Netzbilder gereihter Kügelchen sehr wichtig sein muss.

Die eben geschilderten und nur durch schematische Figuren, welche gleichzeitig ihre Entstehung erklären, erläuterten falschen Netzbilder gereihter Tröpfchen habe ich auf folgende Weise beobachtet. Zähes, 5—6 Tage im Wärmeschrank eingedicktes Olivenöl wurde in möglichst geringer Menge mit dem sehr sauberen Finger auf einen möglichst gut gereinigten Objektträger gestrichen. Auf diese Weise erhält man äusserst feine, schön und dicht gereihte Tröpfchen, welche die beschriebenen Bilder bei Untersuchung in Luft gut wahrnehmen liessen. Die Tröpfchen sind so fein, dass sie vielfach mit den stärksten Vergrösserungen (Obj. 2. Oc. 12 od. 18) gerade zu erkennen sind. Bei mittlerer Einstellung sind die feineren Tröpfchen auch bei enger Blende nicht zu erkennen. Die beschriebenen falschen Netzbilder treten nur bei enger Blende hervor; bei nahezu geschlossener sind sie weniger deutlich. Bei stärkerer Oeffnung der Blende schwinden sie fast völlig, doch sind Andeutungen davon auch bei recht weit geöffneter Blende sichtbar.

Die gleichen Erscheinungen müssen nun auch zur Beobachtung gelangen, wenn man entsprechend zusammengelagerte, schwächer brechende Tröpfchen in einem stärker brechenden Medium untersucht, also eine nach meiner Bezeichnung schaumartige Emulsion. Der Unterschied ist nur der, dass das falsche Netzbild mit den dreieckigen engeren Maschen bei hoher Einstellung, wenn das Bild der Tröpfchen dunkel erscheint, auftritt. Auf dieses falsche Netzbild, wie es bei den Oelschäumen und entsprechend sich verhaltendem Protoplasma vorzüglich zu sehen ist, habe ich 1892 aufmerksam gemacht und es auch photographisch, im Gegensatz zu dem richtigen, auf Taf. 2 16, 19, des Atlasses wiedergegeben. In vorliegender Arbeit ist auf Taf. 13 Fig. 9 a das richtige tiefe und 9 b das falsche hohe Netzbild eines Gelatineölschaums photographirt, aus dem das Oel durch Alkohol entfernt ist; das hohe Netzbild ist hier nur nicht fein genug, da es bei etwas zu hoher Einstellung aufgenommen wurde, die, wie wir gleich sehen werden, diesen Einfluss besitzt. Als auffallendes Beispiel der Verschiedenheit beider Bilder möge auch noch auf die beiden Photographien einer ganz dünnen Schicht geronnenen Eiweisses bei den beiden Einstellungen verwiesen werden (s. Taf. 17, Fig. 1 a tief und richtig, Fig. 1 b hohes falsches Netzbild).

Man darf sich nun nicht vorstellen, dass diese regelmässige Beschaffenheit der falschen Netzbilder, d. h. im besonderen ihre Zusammensetzung aus stets dreieckigen Maschen, immer deutlich vorhanden sei. Dies kann ja nur der Fall sein, wenn es sich um eine dichte gleichmässige Zusammenlagerung ganz gleichgrosser Kügelchen handelt, ein Fall, der in der Wirklichkeit natürlich ebensowenig realisirt ist, als der, dass die Kügelchen sämmtlich genau in derselben Ebene liegen. Diese, auch bei ganz dünnen, insgesammt einschichtigen Lagen von Emulsionen und Schäumen nothwendiger Weise vorhandenen Unregelmässigkeiten werden auch eine gewisse Unregelmässigkeit des falschen Netzbildes bedingen, wozu sich noch gesellt, dass die dunklen Verbindungsbälkchen zwischen den Knotenpunkten der falschen Netzbilder in diesem Fall recht verschieden scharf und deutlich erscheinen werden, weshalb die feineren und weniger deutlichen sich dem Blick leicht entziehen und daher auch Maschen auftreten, die nicht dreieckig, sondern vier- bis mehreckig erscheinen. — Dazu kommt, dass eine minutiös genaue Einstellung, sowie eine sehr genaue Regulirung der Blende nothwendig ist, um das falsche Netzbild in seiner charakteristischen Beschaffenheit hervortreten zu lassen. Wie oben schon angedeutet, wirkt nämlich eine Veränderung der Einstellung wesentlich verändernd auf das Bild, was hier noch etwas genauer erörtert zu werden verdient. Da es sich dabei jedoch um eine Erscheinung handelt, welche auch für das richtige, also tiefe Netzbild eines Schaums und in gleicher Weise auch sicherlich für das richtige hohe Bild einer Emulsion gilt, so wird es sich empfehlen, die Erörterung mit letzteren zu beginnen.

Bei Betrachtung eines feinen Schaumes, dessen schwächer lichtbrechende Wabenräume oder Kammern ziemlich ungleichgross sind, ergiebt sich nämlich, dass das feinmaschige richtige Netzbild, das man bei sorgfältiger Einstellung auf geringe Tiefe erhält, bedeutend grobmaschiger wird, wenn man unter diese Tiefe herabgeht; es tritt dann, wie die Vergleichung der beiden Photographien Fig. 11 a—b Taf. 15 lehrt, ein gröberes Netzbild auf, das, eben dieser Beschaffenheit wegen, häufig leichter auffällt und mehr imponirt als das richtige feinere. Eine Erklärung für diese Erscheinung dürfte sich wohl darin finden, dass die Bilder der feinen dunklen

Bälkchen zwischen den kleineren Alveolen bei tieferer Einstellung rascher schwinden und benachbarte Räumchen daher zu grösseren zusammenzufliessen scheinen, resp. dass die Bilder kleinerer Alveolen auch gänzlich und früher wie die grösseren schwinden und daher auch auf solchem Wege eine Vereinfachung des Maschenwerkes hervortritt.

Ich habe dieses, bei zu tiefer Einstellung auftretende unrichtige Netzbild schaumartiger Strukturen früher (1894) das der 2. Tiefe genannt und werde diese Bezeichnung auch hier beibehalten, wenn von der Erscheinung die Rede sein wird. Dass ihre Beachtung ebenfalls sehr wichtig ist, wenn es sich um die richtige Beurtheilung einer solchen Struktur handelt, liegt auf der Hand.

Eine im Wesentlichen übereinstimmende Erscheinung beobachtet man auch an den falschen Netzbildern der Emulsionen und Schäume. Beide werden bei übertriebener Einstellung grobmaschiger, also das der Emulsionen bei zu tiefer, das der Schäume bei zu hoher. Die Erklärung hierfür liegt auch wohl darin, dass die dunklen Bilder der Kügelchen oder Alveolen, welche die Knotenpunkte des falschen Netzbildes formiren, sammt ihren hellen Höfen und deren Säumen, welche das Gerüstwerk erzeugen, für die kleineren Kügelchen oder Alveolen früher undeutlich werden wie für die grösseren, auf welche Weise gleichfalls ein Zusammenfliessen der Maschen des Netzwerkes zu gröberen bei entsprechender Senkung oder Hebung des Tubus eintritt.

Die im Vorstehenden mitgetheilten Erfahrungen über die Verschiedenheiten der optischen Bilder feiner Emulsionen und Schäume sind sehr wichtig für die richtige Beurtheilung solcher Strukturgebilde. Denn sobald die Elemente derartiger Strukturen sehr fein werden, steigt die Schwierigkeit ihrer richtigen Beurtheilung ungemein, so leicht es ja sonst erscheint, die beiden Strukturgebilde, welche ähnliche Bilder geben und doch sich in einem fundamentalen Punkt unterscheiden, auseinander zu halten, wenn die Grösse ihrer Elemente ein gewisses Maass besitzt. Wie die obige Erörterung und die Besprechung der Einzelelemente ergaben, zeigen diese beiden Strukturgebilde bei bestimmten Einstellungen ganz identische richtige Bilder, die Emulsionen bei hoher, die Schäume dagegen bei tiefer Einstellung. Diese Uebereinstimmung jener Bilder geht z. B. sehr schön aus den beiden Photographien Taf. I Fig. 1 b u. 1 d hervor, welche dasselbe Strukturgebilde, nämlich eine Oelgelatinemulsion wiedergeben, das eine mal (Fig. 1 b) als Emulsion, d. h. mit stärker brechendem Inhalt der Waben (Oel) und bei hoher Einstellung, das andere mal dagegen (Fig. 1 d) als Schaum, d. h. mit schwächer brechendem Wabeninhalt (eingetrocknet) bei tiefer Einstellung. Hieraus folgt, dass die richtige Natur der beiden Strukturgebilde unter dem Mikroskop nur daran zu erkennen ist, ob das richtige Maschenbild bei hoher oder tiefer Einstellung auftritt. Diese Feststellung hängt nun aber allein davon ab, ob man von dem richtigen Netzbild durch Senken oder Heben des Tubus zum falschen gelangt und hierdurch erhält das letztere, wie gesagt, eine sehr wichtige Bedeutung für die richtige Beurtheilung solcher Strukturen; dieser Anhalt wäre auch ganz entscheidend, wenn nicht, wie sich im Folgenden ergeben wird, bei sehr feinen derartigen Strukturgebilden noch weitere Schwierigkeiten aufträten.

Aus dem früher Dargelegten geht hervor, dass die falschen Netzbilder im Allgemeinen um so deutlicher hervortreten, je enger die Blende ist; weil ja die hellen

Höfe und Säume, welche ihre Entstehung bedingen, umso undeutlicher werden, je mehr die Blende geöffnet wird. Im Allgemeinen wird daher ein falsches Netzbild dadurch charakterisirt, dass es beim Oeffnen der Blende rascher undeutlich wird, als das richtige Bild. Da jedoch auch das letztere bei sehr feinen Strukturgebilden schon eine enge Blende erfordert, um überhaupt sichtbar zu werden, so verliert auch dieses Hilfsmittel um so mehr an Werth, je feiner die Strukturen sind.

Besonders erwähnt werden muss, dass dieselben falschen Netzbilder, welche wir seither von zusammengelagerten Kügelchen stärkerer oder schwächerer Lichtbrechung schilderten, auch dann entstehen, wenn es sich nicht um Vollkugeln, sondern um Halbkugeln handelt. Derartige falsche Netzbilder werden daher auch von Reliefzeichnungen der Körperoberfläche hervorgerufen; feine Ritzen auf Glas z. B. geben ganz ähnliche Erscheinungen. Auch diese Erfahrung ist wichtig, um Irrthümer in der Beurtheilung entsprechender Strukturbilder zu vermeiden.

Wir setzten seither voraus, dass nur eine einzige Lage von Kügelchen nebeneinandergelagert zur Beobachtung gelange, also, wie man auch sagen könnte, eine einschichtige Lage einer Emulsion oder eines Schaumes. Liegt dagegen eine mehrschichtige Lage vor, so ist klar, dass, bei Einstellung auf eine mittlere Partie der Lage, reine, richtige Bilder gar nicht entstehen können, wenn nämlich die Emulsion oder der Schaum, wie dies in der Wirklichkeit stets ist, aus sehr verschieden grossen Elementen besteht. Dann werden sich in einem Schaum, bei Einstellung auf eine mittlere Ebene oder Lage, stets gewisse Bestandtheile des hohen Netzbildes tiefer liegender Kügelchen dem richtigen Bild beimischen und umgekehrt bei einer Emulsion gewisse Theile des tiefen falschen Netzbildes höher gelagerter Kügelchen. Es ist also klar, dass das Strukturbild einer feinen Emulsion oder eines feinen Schaumes bei Einstellung auf eine mittlere Partie stets feiner erscheint, als es in der That ist und dass es der Wirklichkeit nicht entspricht. Daraus ergiebt sich weiter, dass man unter diesen Umständen bei einem Schaum ein richtiges tiefes Bild erhält, wenn man auf die tiefste, dem Objektträger aufruhende Schicht einstellt; bei einer Emulsion dagegen umgekehrt bei hoher Einstellung auf die höchste Schicht. Will man unter den gleichen Bedingungen ein reines falsches Netzbild erhalten, so wird man bei dem Schaum die höchste Lage, bei der Emulsion dagegen die tiefste Lage wählen müssen.

Mit dem im Vorhergehenden Besprochenen sind jedoch die Schwierigkeiten, die sich bei der Beurtheilung derartiger mikroskopischer Strukturen ergeben, nicht erschöpft; einiges Weitere bedarf noch der Erläuterung. Wenn Kügelchen einer schwächer lichtbrechenden Substanz, in stärker brechendem Medium eingebettet, dicht zusammenliegen, so dass eine schaumartige Struktur entsteht, dann bleibt, eine einschichtige Lage vorausgesetzt, zwischen je drei benachbarten Kügelchen eine centrale, etwas breitere Lücke, welche also von stärker brechender Substanz ausgefüllt wird. Diese etwas breitere Lücke erscheint daher wie die stärker brechende Zwischensubstanz, welche die Wände des Schaumgerüstes bildet, bei tiefer Einstellung dunkel, bei hoher dagegen hell und zwar entwirft sie bei etwas höherer Einstellung ein etwas verschwommenes helles Bild der Blendenöffnung. Sie wirkt also im Allgemeinen wie eine kleine Konvexlinse aus stärker brechender Substanz. Diese Wirkung beruht auf denselben, wenn auch gerade umgekehrten Bedingungen, aus welchen eine sehr feine

Lücke in stärker brechendem Material ein tiefes Bild der Blendenöffnung entwirft, was sich auch bei der entsprechenden Einstellung an Emulsionen beobachten lässt. Ich bitte in dieser Hinsicht die Fig. 4 auf Taf. 5 zu vergleichen, welche die Ecklückenräume von Salmiakglobuliten auf derselben Photographie gleichzeitig links bei hoher und rechts bei tiefer Einstellung wiedergiebt.

Auf den eben erörterten Besonderheiten beruht es nun, dass man von einem echten Schaume, z. B. einem Gelatineschaum, dessen kleine Alveolenräume mit Luft erfüllt sind, bei einer Einstellung, die etwas höher ist wie die des falschen Netzbildes, ein Bild erhält, das ich ein globulitisches nennen möchte, welches nämlich in seinem Gesammteindruck an das hohe Bild einer Emulsion stark brechender Kügelchen erinnert. Diese Aehnlichkeit wird noch dadurch gesteigert, dass das helle Bild, welches jeder Knotenpunkt bei dieser hohen Einstellung entwirft, beim Senken dunkel wird, d. h. in das tiefe Bild übergeht, was bei unrichtiger Beurtheilung die Vermuthung erwecken könnte, dass es sich um stark lichtbrechende kugelige Gebilde handle. Das globulitische Aussehen dieses höchsten Bildes solcher Schaumstrukturen wird noch dadurch vermehrt, dass auch die hohen dunkeln Bilder der schwach lichtbrechenden Wabenräume bei dieser Einstellung wieder hell werden. Ich habe ein solch' höchstes, anscheinend globulitisches Bild namentlich auch bei schaumig geronnener löslicher Stärke sehr deutlich beobachtet, die sich durch relativ dicke Knotenpunkte des Wabengerüstes auszeichnete.

Uebrigens wird auf die Beschaffenheit der Knotenpunkte solcher Wabengerüste später noch etwas genauer einzugehen sein, wenn deren Bauverhältnisse eingehender erörtert werden.

Aus dem im Vorhergehenden Dargelegten geht hervor, dass es in vielen Fällen äusserst schwierig ist, sehr kleine, dicht zusammengelagerte kugelige Gebilde hinsichtlich ihrer Lichtbrechung scharf zu beurtheilen. Es ist daher sehr wünschenswerth, hierzu noch weitere Hilfsmittel herbeizuziehen. Zu diesem Zwecke eignet sich vor allem die Linsenwirkung dieser Gebilde, auf Grund deren stärker lichtbrechende Kügelchen ein reelles Bild der Blende bei hoher Einstellung, d. h. bei der Einstellung nahe auf den oberen Pol entwerfen, schwach lichtbrechende dagegen, wegen ihrer Wirkung als Konkavlinse, ein virtuelles tiefes Bild geben, das bei Einstellung nahe auf den unteren Kugelpol sichtbar wird. Das ersterwähnte Bild ist ein umgekehrtes und wird daher im Mikroskop wieder in seiner richtigen Lage gesehen, das zweite Bild dagegen ist aufrecht und erscheint daher im mikroskopischen Bilde umgekehrt. — Zur Erzeugung solcher Bilder benutze ich mit Vortheil eine aus Karton geschnittene und geschwärzte weite Blende, die in einem Durchmesser von einem, etwa 1—2 mm breiten schwarzen Querbalken durchzogen ist. Diese Blende wird auf die Irisblende aufgelegt und gewährt den Vortheil, dass sie sich mit ihr drehen lässt. Dies ist in vielen Fällen wichtig, da man häufig im Zweifel ist, ob ein beobachteter Schattenstrich wirklich das Bild der Blende darstellt; durch Bewegung desselben kann man sich hierüber meist gut vergewissern. — Dagegen lässt sich auf diese Weise die Lage des Bildes nicht beurtheilen, da die Bewegung beider Blendenbilder gleichsinnig mit der der Blende erfolgt. Um die Lage des Bildes, ob aufrecht oder verkehrt, zu beurtheilen, bedient man sich daher zweckmässig eines schwarzen, ca. $^1/_2$ cm breiten Stäbchens, das man direkt unter der Irisblende quer durch

das Gesichtsfeld durchführt. Selbst an sehr kleinen Elementen lässt sich noch recht gut beurtheilen, ob das Bild des Stäbchens gleichsinnige oder umgekehrte Bewegungen ausführt.

Da bei der Betrachtung der Blendenbilder einige Eigenthümlichkeiten zu bemerken sind, die nicht ohne Bedeutung, so soll dies hier kurz hervorgehoben werden. Ein sehr kleines, auf dem Objektträger in Luft ruhendes Oeltröpfchen giebt bei hoher Einstellung ein scharfes Bild des dunklen Balkens der Blende (Fig. 9a). Das dunkle Querstäbchen wird beiderseits von zwei hellen, etwas elliptischen Höfen begrenzt, die ihrerseits mit einem matten dunklen Saum abschliessen, so dass das Gesammtbild das eines ungefähr bisquitförmigen hellen Gebildes ist, welches in der Einschnürung von dem dunklen Stäbchenbild quer durchsetzt wird. Geht man nun zur tiefen Einstellung über, so tritt das dunkle Bild des Tröpfchens, umgeben von einem hellen kreisförmigen Hof auf (Fig. 9b), der in senkrechter Stellung zu dem dunklen Querbälkchen der hohen Einstellung von einem dunklen Schatten durchzogen wird, welcher sich gegen die Grenze des Hofes zu allmählich stark verbreitert.

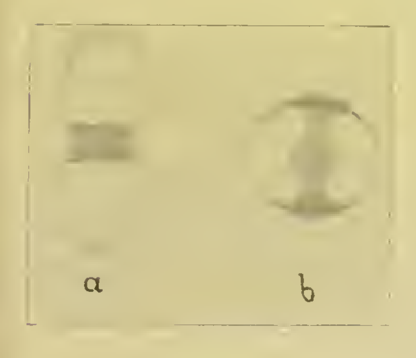


Fig. 9.

Oeltröpfchen auf Objektträger in Luft. Obj. 4. Oc 12. Blendenbild. a hohe Einstellung, b tiefe.

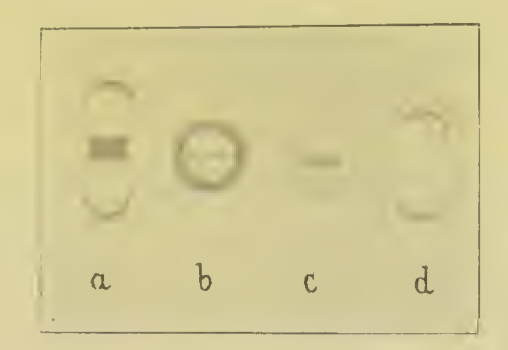


Fig. 10.

Sehr kleines Oeltröpfchen auf Objektträger in Luft. Blendenbild. Obj. 2. Oc. 6. Vier successive Einstellungen, a höchste, d tiefste.

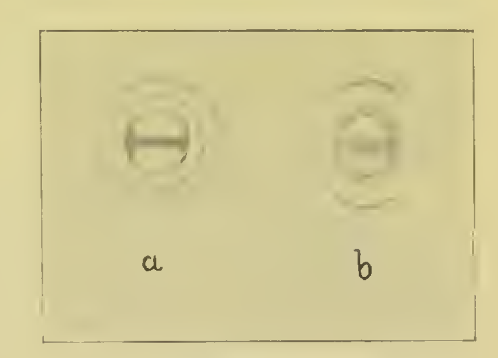


Fig. 11.

Luftbläschen in Damar. Blendenbild. Obj. 4. Oc 12. a tiefe Einstellung, b hohe.

Bei der Bewegung der Blende bewegt sich dieser Schatten gleichfalls umher. Wenn das Tröpfchen sehr klein ist, dann ist bei dieser tiefen Einstellung sein dunkles Bild von den anstossenden beiden Schattenstreifen schwer zu unterscheiden und das Bild der tiefen Einstellung ruft dann den Eindruck hervor, als handle es sich um ein Bild des Bälkchens der Irisblende, das senkrecht zu dem hohen wirklichen Bild gestellt ist. Die Ursache der beiden randlichen Schatten des tiefen Bildes ist wohl sicher in dem Ausfall des mittleren Theils des Lichtkegels zu suchen, der durch das Bälkchen der Blende hinweggenommen wird und daher bewirkt, dass eine etwas schiefe Beleuchtung der beiden Tröpfchenhälften eintreten muss, die sich in dem Hervortreten der beiden Schatten äussert.

Bei sehr kleinen Tröpfchen war die Erscheinung etwas verändert, indem hier seltsamer Weise auch bei Einstellung unter das hohe Bild (Fig. 10 a) die Andeutung des Querbälkchenbildes nicht verschwand, sondern sogar noch in dem dunklen Tropfenbild (10 c) bemerkt wurde, worauf bei etwas weiterer Tubussenkung der zu dem Bälkchenbild senkrechte Schatten auftrat, mit dunklem bogenförmigem Abschluss der Enden (10 d).

Kleine Luftbläschen, in Damarlack auf die gleiche Weise untersucht, zeigten

bei tiefer Einstellung (Fig. 11 a) ein scharfes Bild des Querstabs der Blende; bei hoher (b) liess sich in der dunkel gewordenen Luftblase noch eine Andeutung des Querstäbchens erkennen und senkrecht dazu in der Umgebung der Luftblase zwei dunkle Säume, welche an die Schatten der tiefen Einstellung des Oeltröpfchens erinnern, und sich auch wie diese mit der Blende bewegen. Bei früherer Beobachtung hatte ich mir notirt, dass bei hoher Einstellung auf die Luftbläschen ganz dasselbe Bild wie bei der tiefen auf das Oeltröpfchen auftrete; später dagegen sah ich die Sache so, wie Fig. 11 zeigt.

Die Untersuchung feiner Emulsionen und Schäume hat mir gezeigt, dass die geschilderten Blendenbilder in zweifelhaften Fällen ganz wohl zur Entscheidung der Frage, ob stärker oder schwächer brechende Kügelchen vorliegen, herangezogen werden können; doch ist dabei zu beachten, dass ebenso wie Kügelchen auch Halbkügelchen, d. h. konvexe Erhöhungen und konkave Vertiefungen wirken; die Frage, ob geschlossene Kügelchen vorliegen oder blosse Reliefzeichnungen, kann daher auf diesem Wege nicht entschieden werden und bedarf besonderer Feststellung. Wie oben hervorgehoben wurde, wirken aber schon unregelmässige Erhöhungen und Lücken von geringer Ausdehnung in der gleichen Weise, wenn auch viel unvollkommener, weshalb auch dieses Hilfsmittel bei kleinen Elementen nur mit grosser Vorsicht zu verwenden ist.

Bei den bis jetzt erörterten Bildern der feinen Strukturelemente, wurde stets vorausgesetzt, dass die Bilderzeugung nur auf Brechungsdifferenzen der benachbarten Strukturelemente beruhe, dagegen Farbenwirkungen ganz fehlten oder doch nicht erheblich mitwirkten. Ist dagegen Farbenwirkung vorhanden, so verhält sich die Angelegenheit wesentlich anders. Wenn es gelingt, das Gerüstwerk eines feinen Schaumes, d. h. die stärker brechende Substanz, intensiv zu färben, so wird eine sehr dünne Lage dieses Schaumes auch bei weit geöffneter Blende ein deutliches und zwar nur auf der Absorption des Lichtes beruhendes Bild des Gerüstwerkes und der nicht gefärbten Schaumbläschen geben, ein Bild, welches vor dem ungefärbten den Vorzug hat, dass es bei weit geöffneter Blende entsteht und daher die Schwierigkeiten, welche durch die falschen Netzbilder hervorgerufen werden, in geringerem Grade darbietet; ganz werden dieselben jedoch nicht fehlen, wenn nicht in einem Einschlussmittel untersucht wird, das dieselbe Brechung wie das Gerüstwerk besitzt. Ist das Einschlussmittel, wie gewöhnlich, etwas schwächer brechend als das Gerüstwerk und die Lage mehr wie einschichtig, so werden bei Einstellung auf mittlere Partien doch viele Wabenräumchen in hoher Einstellung gesehen werden und als mehr oder weniger dunkle Punkte sich dem Bild des Gerüstwerkes beimischen. Ferner ist leicht ersichtlich, dass solch' ein gefärbtes Bild feiner Schäume oder Emulsionen nur dann klar und entscheidend sein kann, wenn es sich um eine sehr dünne Lage handelt, die nur eine bis wenige Schichten dick ist; denn nur in diesem Fall werden die Farbendifferenzen im Absorptionsbild scharf hervortreten können. Dies bedingt dann andererseits wieder, dass die Färbung, wenn es sich um feinste Strukturelemente handelt, sehr intensiv sein muss.

Eine Entscheidung darüber aber, ob in einem Gerüstwerk, wie es eine schaumartige Emulsion darstellt, völlig geschlossene kugelige Wabenräume vorliegen, oder ein mehr schwammartiges Gerüstwerk, lässt sich auch auf diesem Wege nicht sicher

herbeiführen; dies kann nur auf Grund anderweitiger Erwägungen nach der einen oder der anderen Seite entschieden werden.

Bemerkungen über Abbe's Ansichten von der Wahrnehmbarkeit feiner Strukturen.

Wer sich heutzutage mit der Untersuchung feiner Strukturverhältnisse mikroskopischer Objekte beschäftigt, wird sich nothgedrungener Weise auch mit den Angaben jenes Mannes zurechtfinden müssen, der in den letzten Jahrzehnten am meisten zu der grossen Verbesserung unserer Mikroskope beigetragen hat und welcher gleichzeitig bestimmt leugnet, dass das, was uns das Mikroskop von feinen Strukturdetails bei starken Vergrösserungen zeigt, irgendwelche reelle Bedeutung, als Anzeichen einer entsprechenden Struktur der betreffenden Objekte, besitze. Bekanntlich hat Abbe diese Behauptung mit aller Schärfe aufgestellt, und z. B. den mikroskopischen Bildern für die Beurtheilung des Baues der Diatomeenschale jegliche Beweiskraft abgesprochen. sogar die Zusammensetzung der quergestreiften Muskelfasern aus einfach und doppelt brechenden Abschnitten für ein mögliches derartiges Trugbild erklärt; wie gesagt, eben die Möglichkeit, feinere Strukturdetails mit dem Mikroskop aufzuklären, bestimmt geleugnet. Soweit ich sehen kann, haben diese, von einem so hervorragenden Physiker ausgehenden Bedenken auf die praktischen Mikroskopiker wenig Eindruck gemacht, da dieselben sich nach wie vor mit der Untersuchung feiner Strukturen bei starken Vergrösserungen beschäftigten und aus dem Gesehenen ihre Schlüsse zogen, wenn diese sich auch vielfach diametral widersprachen. Doch haben auch manche, so z. B. Nägeli u. Schwendener (2. Aufl.) sich vollkommen Abbe's Anschauungen angeschlossen.

Die Abbe'schen Einwürfe scheinen demnach auf die Mikroskopiker keinen tieferen Eindruck hervorgerufen zu haben, denn fast alle Untersuchungen über die Strukturen des Plasmas, Kernes u. s. f. würden, unter Abbe's Gesichtspunkte betrachtet, völlig hinfällig und nichts beweisend sein. Mir, der ich mich seit längerer Zeit gerade der Erforschung solch' feiner Strukturverhältnisse zugewandt habe, schien es unerlässlich, mich, so gut ich es, bei der sehr ungenügenden physikalisch-optischen Schulung, die ich besitze, konnte, mit Abbe's Angaben abzufinden. Dies war um so nöthiger, als eben auch eine Anzahl Beobachter diesen Ansichten zustimmen und daher geneigt sind, meinen Beobachtungen über die feineren Strukturen jede Beweiskraft dafür abzusprechen, dass in den Objekten thatsächlich Strukturverhältnisse existiren, die mit den mikroskopischen Bildern übereinstimmen. Da eine theoretische Bewältigung dieser Frage für mich aus den hervorgehobenen Gründen ausgeschlossen war, war ich auf den, in obigen Untersuchungen näher dargelegten empirischen Weg verwiesen, d. h., zunächst die mikroskopischen Bilder grösserer und dann die immer feinerer, einfacher, nach Gestalt und Beschaffenheit genau bekannter Elemente zu untersuchen, sowie die gleiche Untersuchung dann auf dicht zusammengelagerte solche Elemente auszudehnen, welche durch ihre Zusammengruppirung eine körperliche Struktur bilden. Die hierbei gesammelten Erfahrungen führten mich zu dem näher erörterten Schluss, dass uns das mikroskopische Bild auch solch' feinster Strukturen gestattet, mit genügender Vorsicht und gleichzeitiger Ausnützung der sich sonst darbietenden Hilfsmittel

der Färbung etc., berechtigte Schlüsse über die wirkliche Struktur zu ziehen, obgleich dieselben natürlich um so schwieriger werden, je feiner die Strukturen sind.

Abbe gründet seine Ansicht darauf, dass „die Abbildung sehr feiner körperlicher Strukturen auf wesentlich anderen Bedingungen als die Abbildung der Konturen gröberer Theile beruhen müsse“ (p. 442), d. h., dass bei deren Wahrnehmung die Nebenbilder, welche durch die Beugung des Lichtes, das die feinen Zwischenräume der benachbarten Elemente passirt, hervorgerufen werden, von ausschlaggebender Bedeutung sind. Werden diese Nebenbilder durch ein über dem Objektiv angebrachtes Diaphragma weggenommen, so sind die feineren Strukturen nicht mehr wahrzunehmen. — Hinsichtlich isolirter Körperchen heisst es dagegen auf p. 450: „Solche Theile der mikroskopischen Präparate, welche entweder durch ihre Isolirtheit (einzelne Fäden, Körnchen u. dergl.) oder durch ihre, relativ zu den Lichtwellen, beträchtliche Grösse, selbst keine Beugung von merklichem Betrage herbeiführen, bilden sich im Mikroskop nach den gewöhnlichen dioptrischen Gesetzen der Strahlenkonzentration ab. Die Abbildung geschieht dabei rein negativ, nämlich allein durch den Lichtausfall, den in homogenen Massen partielle Absorption (z. B. Färbung) oder theilweise Ablenkung der Strahlen durch Brechung, in Theilen mit innerer Struktur aber die durch diese bedingte Beugung hervorruft. Das so erzeugte Absorptionsbild ist dem Objekt selbst unbedingt ähnlich und lässt bei richtiger stereometrischer Deutung das flächenhaft Gesehene einen vollkommen sicheren Rückschluss auf die — morphologische — Zusammensetzung desselben zu.“ In diesem Passus scheint mir der Hinweis auf den Lichtausfall, welchen „in Theilen mit innerer Struktur aber die durch diese bedingte Beugung hervorruft,“ doch nicht mehr, soweit ich Abbe verstehe, mit dem Schlusssatz von der Richtigkeit dieser Bilder zu harmoniren, vielmehr fällt doch gerade diese Erscheinung unter das, was der folgende Satz sagt: nämlich „Alle feinere Struktur hingegen, deren Elemente klein und nahe genug sind, um durch ihr Nebeneinandersein ein merkliches Beugungsphänomen hervorzurufen, wird nicht mehr more geometrico abgebildet.“

Nun finden wir, wenn wir isolirte, grössere bis kleinste körperliche Elemente (Tröpfchen, Luftbläschen, Globuliten) untersuchen, dass deren mikroskopisches Abbild, abgesehen von den Beugungserscheinungen um dasselbe oder in demselben, wesentlich das Gleiche ist. Die Kügelchen geben bei tiefer Einstellung ein dunkles Bild, die Luftblase oder die Bläschen bei hoher. Wenn nun bei der Abbildung der isolirten grösseren Elemente keine Beugungsbilder im Spiele sein sollen, und nach obiger Darstellung Abbe's, ja auch nicht bei isolirten kleinen Elementen, so müssen eben diese Bilder solche sein, die auf „theilweiser Ablenkung der Strahlen durch Brechung“ beruhen, wie dies auch oben von uns angenommen wurde. Inwiefern bei der Erzeugung der um und in den Abbildern auftretenden Höfe und Ringe die Beugungsbilder in Frage kommen, lasse ich hier dahingestellt. Wir finden nun, dass, wenn zahlreiche solche Elemente dicht zusammenliegen, sie ganz dieselben mikroskopischen Abbilder geben wie im isolirten Zustand und zwar ebenfalls wieder ohne wesentlichen Unterschied, ob die Elemente gross oder klein, ja kleinste sind. Die Abbilder der körperlichen Elemente selbst können daher nicht wohl auf andere Weise hervorgebracht sein wie im isolirten Zustand. Anders dagegen ist es mit den Diffraktionssäumen und -ringen, die sich in diesen Fällen zu den mannigfachsten,

im Präparat nicht vorhandenen Zeichnungen kombiniren können, welche man jedoch mit Kenntniss dieser Erscheinungen wohl zu beurtheilen und als irrige zu erkennen vermag. Meine auf empirischem Wege gewonnenen Erfahrungen über die mikroskopischen Abbilder feiner körperlicher, ungefärbter Elemente führen mich daher zu einem dem Abbe'schen widersprechenden Resultat. Wenn, wie Abbe angiebt, bei der Abblendung der Beugungsbilder über dem Objektiv feine Strukturdetails schwinden, so vermag ich unter diesen Umständen eben nur zu schliessen, dass diese Beugungsbilder eben auch für die Entstehung des richtigen sog. Absorptionsbildes bei starken Vergrösserungen nöthig sind, aber nicht, dass das durch ihre Mitwirkung hervorgerufene Bild ein solches sei, welches von dem Absorptionsbild ganz verschieden ist und daher kein Urtheil über die wirkliche Struktur gestatte. Ich setze dabei stets voraus, dass die Struktur eine wirklich körperliche ist, nicht etwa nur Unterbrechungen in einer unmessbar dünnen Schicht.

II. Einige Bemerkungen über Polarisationserscheinungen.

Da wir uns im Nachfolgenden häufig mit den Polarisationserscheinungen der kleinen, zur Untersuchung kommenden Strukturelemente beschäftigen müssen und sich dabei auch gewisse Schwierigkeiten herausstellen, wird es angezeigt sein, hierüber einiges Allgemeine vorauszuschicken. Es ist bekannt, wenn auch nicht sehr eingehend studirt, dass Polarisationserscheinungen durch Reflexion an der Grenze verschieden brechender Medien auftreten. Derartige Erscheinungen können nun bei der Untersuchung kleiner Elemente unter dem Mikroskop verhältnissmässig sehr intensiv hervortreten und leicht Täuschungen veranlassen. — Untersucht man nämlich kleine, stärker oder schwächer lichtbrechende Kügelchen, z. B. Oeltröpfchen oder Luftbläschen, in Wasser oder Damar unter dem Mikroskop zwischen gekreuzten Nicols, so bemerkt man deutlich in den Polarisationsebenen der Nicols vier dunkle Stellen am Rande der Kügelchen, während in den dazwischen liegenden Stellen die grösste Helligkeit des Randes herrscht. Bei kleinen Tröpfchen oder Luftbläschen kann so, indem die hellen Stellen an dem Rande relativ weit gegen das Centrum reichen, ein recht deutliches und auffallendes dunkles Kreuz auftreten, ganz ähnlich wie an einem Stärkekorn oder einem Sphärokrystall. Zur Erläuterung verweise ich zunächst auf die umstehende Textfigur 12, welche ein Schwefelkohlenstofftröpfchen in Wasser bei mittlerer Vergrösserung zwischen gekreuzten Nicols darstellt und das dunkle Kreuz vortrefflich zeigt. Wie gesagt, habe ich es jedoch auch an Oeltröpfchen und flüssigen Schwefelglobuliten, Quecksilbertröpfchen und anderen Flüssigkeiten beobachtet. Noch schöner trat das Kreuz jedoch an Luftblasen, die in Wasser unter-

sucht wurden, hervor. Textfig. 13 a u. b zeigt das Bild eines mässig grossen Bläschens bei mittlerer Vergrösserung; 13 a bei ungefähr scharfer Einstellung auf den Aequator der Blase, Fig. 13 b bei etwas höherer Einstellung, wo das Kreuz noch deutlicher und bestimmter erscheint. Ganz hervorragend schön konnte das Kreuz auch bei Tröpfchen flüssigen Schwefels beobachtet werden, die, durch Sublimation erzeugt, an der Unterseite des Deckglases hingen.

Wie zu erwarten, erhält man bei Einschaltung eines Gypsplättchens erster Ordnung auch Farbenerscheinungen an den hellen Randstellen der Tröpfchen oder Luftbläschen und zwar waren dieselben bei Luftblasen und Quecksilberkügelchen wie bei einem optisch-negativen Sphärokrystall vertheilt, bei Schwefelkohlenstoff- und Schwefeltröpfchen dagegen so wie bei einem positiven, also wie bei den Stärkekörnern. Ohne das polarisirende Nicol trat bei den Quecksilberkügelchen keine Kreuzbildung oder Farbenwirkung auf. Aus diesen Erscheinungen ist daher zu entnehmen, dass bei der Beurtheilung der Polarisationserscheinungen kleiner Elemente in einem Medium, dessen Lichtbrechung stark verschieden ist, grosse Vorsicht geboten erscheint.



Fig. 12.

Tröpfchen von Schwefelkohlenstoff in Wasser zwischen gekreuzten Nicols. Vergr. mässig. Einstellung etwa auf Aequator.

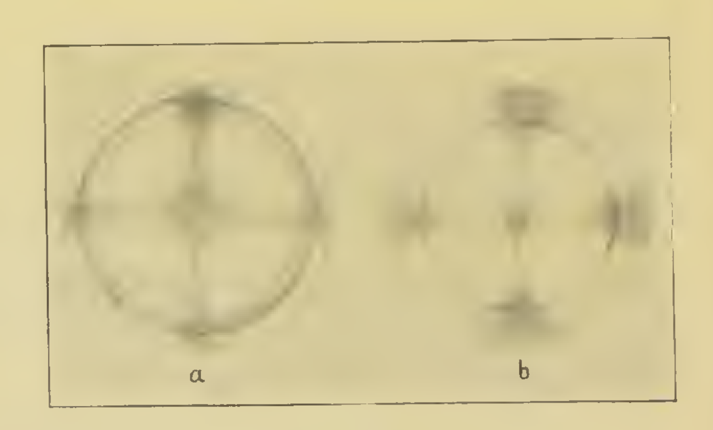


Fig. 13.

Luftbläschen in Wasser zwischen gekreuzten Nicols. Vergr. mässig. a Einstellung etwas über Aequator; b höher.

Aus dem Bemerkten geht jedoch auch hervor, dass eine Emulsion oder ein Schaum stets lebhaft depolarisirend wirken muss, was ich an feinen Oelseifenschäumen auch thatsächlich feststellen konnte. Ich habe zwar früher (1892 p. 19) angegeben, dass ich Polarisationserscheinungen an den Oelseifenschäumen nicht beobachten konnte. Damals jedoch handelte es sich für mich darum, zu sehen, ob sich in den Schäumen etwa doppelt brechende körnige Gebilde nachweisen liessen, weshalb ich sie in dünnsten Lagen untersuchte. Aus diesen Gründen habe ich damals ihre depolarisirende Wirkung, die natürlich erst an einer etwas dickeren Lage deutlich hervortritt, übersehen. Unter gekreuzten Nicols erscheinen also feine Schäume in hinreichend dicker Lage stets hell, ohne jedoch natürlich, bei Einschaltung des Gypsplättchens, bestimmte Farben zu geben.

Von Wichtigkeit muss es ferner erscheinen, die Wirkung von Reliefzeichnungen auf die Polarisation zu studiren, da dies bei der Beurtheilung des Einflusses gewisser Strukturen auf das polarisirte Licht wichtig werden kann. — Wenn man auf einem Objektträger mit dem Schreibdiamant feine Ritzen macht und sie unter gekreuzten Nicols mit Einschaltung eines Gypsplättchens 1. Ordnung in Luft unbedeckt unter-

sucht, so wird man finden, dass die Ritzen ziemlich stark polarisiren und zwar derart, dass sie bei Parallelstellung mit der Achse kleinster Elasticität des Gypsplättchens (im Nägeli'schen Sinne) blau, bei der dazu senkrechten Stellung dagegen gelb werden. Ausserdem wird man jedoch wahrnehmen, dass die Ränder der eigentlichen Ritze in der Regel in dem umgekehrten Farbenton erscheinen, d. h. also bei paralleler Stellung gelb, bei senkrechter dagegen blau. Die genauere Beobachtung lehrt jedoch bald, dass die letztere Erscheinung jedenfalls darauf beruht, dass die Ritzen nicht scharf sind, sondern dass sie mehr oder weniger ausgebrochen und wohl auch mit in die Glasmasse hinein sich erstreckenden, lufterfüllten Sprüngen versehen sind. Diese ausgebrochenen, resp. mit Sprüngen versehenen Ränder sind es nun, welche die Randfarben hervorrufen und diese erweisen sich leicht als wesentlich verschieden von der ersterwähnten Polarisation der eigentlichen Tiefe der Ritze. Bedeckt man nämlich die Ritze mit Damarlack oder Kanadabalsam und einem Deckglas, so schwinden die Randfarben, sobald die Luft aus den Ritzen völlig verdrängt ist, was manchmal ziemlich lang dauern kann, während die ersterwähnten Polarisationsfarben der eigentlichen Ritze ebenso lebhaft wie früher sichtbar bleiben. Hieraus folgt, dass die Randfarben auf der Gegenwart von Luft an den ausgesprungenen Rändern der Ritzen herrühren und wohl hauptsächlich, wie gleich noch erörtert werden soll, von Sprüngen, die beim Ritzen des Glases längs den Rändern der Ritze entstanden sind. Die Polarisation der eigentlichen Ritze dagegen ist sicherlich eine durch den Druck des Diamants hervorgerufene dauernde Veränderung der optischen Eigenschaften des Glases.

Wenn man nun in der geschilderten Weise mit dem Schreibdiamanten auf dem Objektträger ein System feiner, möglichst dicht auf einander folgender konzentrischer Ritzen herstellt, so erhält man bei der Betrachtung im Farbenbilde eine Vertheilung der Farbe, die an ein Stärkekorn oder einen Sphärokrystall erinnern muss. Bei der Betrachtung eines gelungenen derartigen Systems von Ritzen in Luft sind es die Randfarben, welche wegen ihrer meist ansehnlichen Breite und Intensität stärker hervortreten und den Gesammteindruck bestimmen. Letzterer ist demnach hinsichtlich der Vertheilung der Farben so, wie Fig. 2 Taf. 23 es zeigt und umgekehrt wie im Stärkekorn, also so, wie in einem optisch negativen Sphärokrystall. Natürlich erreicht die Erscheinung nie die Intensität und Schönheit der Farben in einem Sphärokrystall, doch rührt dies nur von der Unregelmässigkeit und dem verhältnissmässig grossen Abstand der konzentrischen Ritzen her. Bei Untersuchung in Kanadabalsam würde das System hingegen bei hinreichender Feinheit die Farbenvertheilung wie im Stärkekorn darbieten.

Untersucht man eine innerlich mit Luft gefüllte feine Glasröhre im Farbenbild des Gypsplättchens 1. Ordnung und in Luft, so erweist sich der innere dunkle Saum des Röhrchens bei der Stellung senkrecht zur Achse der kleineren Elasticität prächtig blau, also ebenso wie die Randfarben der Ritze und in der dazu senkrechten Stellung schön gelb. Bei der Untersuchung desselben Röhrchens in Glyceringelatine unter dem Deckglas traten die gleichen Farben hervor, jedoch eigenthümlicher Weise nur an dem einen Rand der Röhre, der andere erschien sogar in der Gelbstellung blau. An den Stellen, die mit Glyceringelatine gefüllt waren, fehlten die Farben in der Röhre völlig, so dass also auch hieraus folgt, dass sie nur an der Grenze von Luft

und Glas auftreten. Ganz in derselben Weise verhalten sich schliesslich feine Sprünge in einem Deckglas, wenn dieselben zu der Sehachse schief verlaufen, so dass jedenfalls eine ausgiebige Reflexion eintreten muss. — Denn dass die erwähnten Polarisationserscheinungen wesentlich auf Reflexion beruhen, scheint mir auch daraus hervorzugehen, dass die Farbenvertheilung ganz dieselbe ist, die wir an den Rändern der Tropfen meist gefunden haben und wobei jedenfalls Reflexion wirksam ist.

Ein sehr vorzügliches Beispiel, wie durch Sprungbildungen ganz die Erscheinungen von Sphärokrystallen hervorgerufen werden können, beobachtete ich zufällig an eingetrocknetem Hühnereiweiss. Eine filtrirte Lösung, die aus gewissen Gründen mit einer ca. 2 % Stärkelösung versetzt war (doch ist dieser Zusatz ganz unnöthig), trocknete in einer Glasschale langsam ein. Die feste Eiweissschicht von ca. 1/3 cm Dicke, die sich auf dem Boden der Schale gebildet hatte, war in eine Menge kleiner, unregelmässig polygonaler Plättchen zersprungen. Jedes dieser Plättchen, deren Breite nur etwa ein bis einige Millimeter betrug, zeigte in sich ein dichtes System konzentrischer Sprünge, theils ganz völlige Kreise, theils unvollständige, zuweilen schienen sie sogar etwas spiralartig. Das Centrum dieser Sprünge lag häufig nahezu in der Mitte der Plättchen, häufig jedoch auch stark excentrisch. Jedes der konzentrischen Sprungsysteme der Plättchen ergab nun unter gekreuzten Nicols ein sehr schönes schwarzes Kreuz, sobald nur die Sprünge hinreichend fein und dicht verliefen. Namentlich bei etwas hoher Einstellung, höher als die, bei welcher die Sprünge deutlich hervortraten, zeigte sich das Kreuz in voller Schönheit. In gleicher Weise ergab denn auch die Untersuchung des Farbenbildes ganz die Erscheinungen eines negativen Sphärokrystalles mit rothem Kreuz und blauen und gelben Ringen; auch hier war die Erscheinung wiederum bei hoher Einstellung ganz besonders deutlich, da in diesem Falle die Farbenringe der Sprünge zusammenfliessen und eine gleichmässige Färbung der vier Quadranten eintritt. Dabei trat bei diesen Sprungbildungen noch eine weitere Erscheinung auf, die wir später bei Besprechung gewisser Sphärokrystalle gleichfalls bemerken werden. Bei scharfer Einstellung auf die Sprünge zeigte sich nämlich, dass häufig die zwischen ihnen liegende Masse die umgekehrte Farbe aufwies, also die Zonen zwischen benachbarten blauen Ringen gelb, die zwischen gelben blau waren, so dass also eigentlich in jedem Quadranten blaue und gelbe Ringe abwechselten. Dass dies wenig deutlich hervortritt und beim ersten Anblick die eine Farbe allein zu herrschen scheint, beruht nur darauf, dass sie bei weitem überwiegt.

Der Nachweis, dass es sich auch in diesen Eiweissplättchen nur um Polarisation handelt, welche durch die in den feinen Sprüngen befindliche Luft bewirkt wird, ist wiederum leicht zu führen. Wenn man etwas Damarlack auf die Plättchen bringt, so verschwindet die Erscheinung völlig in dem Maasse, als dieser die Luft aus den Sprüngen verdrängt. Bei der Feinheit der Sprünge dauert es jedoch häufig recht lange, bis die Luft durch den Damar völlig vertrieben ist, und es ist selbstverständlich, dass die ganze Erscheinung fortdauern würde, wenn das Eindringen des Damars irgendwie gehindert wäre.

Ich habe diese Dinge hier etwas genauer dargelegt, weil uns später Fälle begegnen werden, die jedenfalls im Wesentlichen auf die gleichen Erscheinungen zurückzuführen sind.

Rouget (1862, p. 254 ff.) hat die Oberflächenpolarisation von Flüssigkeiten und festen Körpern schon genauer beobachtet, ohne zwar die Farbenwirkung auf das Gypsplättchen erster Ordnung bestimmter anzugeben. An Schichten von Wasser und anderen Flüssigkeiten, den Rändern fester Partikel, an Falten, Kritzen und Rissen hat er überall diese Wirkung beobachtet, die ihn schliesslich zu der Vorstellung führte, dass die Polarisationserscheinungen der organisirten Substanzen überhaupt nur auf derartigen Wirkungen beruhten, die überall da auftreten müssten, wo feine Schichtung, Faserung, Faltung u. dergl. in den Geweben bestehe. (Auch Hofmeister hat 1867 ähnliche Ansichten geäussert.) Rouget hat dabei nur übersehen, dass die Oberflächenpolarisationserscheinungen ausschliesslich dann auftreten oder doch nur klar auftreten, wenn zwei Substanzen von starkem Brechungsunterschied zusammenstossen, also sofort schwinden oder doch fast unmerkbar werden, wenn die fraglichen Körper in ein Medium gebracht werden, dessen Brechung ihnen nahezu gleich ist. Da nun für die wirklich doppelbrechenden organischen Gewebe letzteres nicht zutrifft, ihre Doppelbrechung vielmehr bei Einschluss in stark brechende Medien deutlicher wird, so scheint damit Rouget's Hypothese ihre Gültigkeit zu verlieren. M. Schultze hat (1863) die Oberflächenpolarisation der Diatomeenschalen schon richtig als solche erkannt und von wirklicher oder innerer Polarisation dadurch unterschieden, dass sie bei Einschluss in Harzen schwindet. — Flögel (1870, p. 503 Anm.) hat später die Schultze'sche Deutung für unwahrscheinlich erklärt; ich bin jedoch mit v. Ebner (1882, p. 2) der Meinung, dass sie zutreffend ist. Bei v. Ebner findet sich p. 2—5 eine kurze Erörterung der Rouget'schen und ähnlicher Erfahrungen und, was uns hier speziell interessirt, auch schon ein Hinweis auf die Wirkung der Oberfläche von Flüssigkeitströpfchen auf das polarisirte Licht. Es heisst dort p. 4: „Ein solcher Tropfen, auf einer Glasplatte untersucht, giebt, mit Hilfe hinreichend empfindlicher Vorrichtungen, Interferenzfarben, welche erklärt werden könnten, wenn man annähme, dass die Oberflächenspannung des Tropfens eine schwache Doppelbrechung hervorrufe. Jeder Tropfen verhält sich nämlich wie eine Kugel, welche an ihrer Oberfläche negativ doppelbrechend ist, mit senkrecht zur Oberfläche gerichteten optischen Achsen. Die scheinbare Doppelbrechung ist so schwach, dass sie nur gut mit Hilfe einer Glimmerplatte erkannt werden kann, welche zwischen parallelen Nicols das — leider sehr lichtschwache — Roth 1. O. giebt. Es zeigt dann der Tropfen zwei blaue und zwei gelbe Quadranten, welche am Rande des Tropfens am intensivsten gefärbt sind, während die Färbung gegen die Mitte des Tropfens sich sehr allmählich verliert und in der Mitte selbst in die Farbe des Grundes übergeht. Wasser, Glycerin, Olivenöl, Terpentinöl und zahlreiche andere Flüssigkeiten verhielten sich sämmtlich negativ. Die Erscheinung ist bei verschiedenen Flüssigkeiten bezüglich der Intensität etwas verschieden, bei derselben Flüssigkeit aber abhängig von der Grösse des Tropfens".

Meine oben aufgeführten Untersuchungen habe ich ohne Kenntniss der Ebner'schen Beobachtungen angestellt. Im Gegensatz zu ihm finde ich, dass flüssige Schwefeltröpfchen in Luft (an der Unterseite des Deckglases) sich ganz ausgezeichnet positiv erweisen, so dass das zwar gewöhnliche negative Verhalten nicht als allgemeine Regel gelten kann.

Ueber die Polarisationswirkung feiner Lücken, Risse und Sprünge hat neuerdings (1893) Ambronn einiges Genauere berichtet; dort finden sich auch Angaben über frühere diesbezügliche Untersuchungen.

III. Schaumartige Emulsion von Gelatine und Olivenöl.

Es gelingt leicht, durch Zusammenrühren (oder besser Reiben in einer Reibschale) dicker Gelatinelösung mit einem ziemlichen Ueberschuss von Olivenöl vorzügliche Schäume zu bereiten. Wie gesagt, ist dazu erforderlich, dass die Gelatinelösung verhältnissmässig konzentrirt und dick ist. Die feinsten Schäume erzielte ich mit in Wasser gequollener und darauf ohne weiteren Wasserzusatz geschmolzener

Gelatine, also mit einer Lösung, die ca. 15—20 % feste Gelatine enthält. Die Menge des Olivenöls ist, wie bemerkt, etwas grösser zu nehmen als die der Gelatine, da diese ja die Gerüstwände, das Oel hingegen den Inhalt der Schaumwaben bilden soll. Ich habe das geeignetste Verhältniss der beiden Bestandtheile nicht speziell untersucht und mir auch leider die angewendeten Quantitäten bei den gelungensten Emulsionen nicht notirt, weshalb ich nur im Allgemeinen bemerken kann, das wohl das 1—2fache Volumen Oel die geeignetste Quantität sein dürfte.

Damit die Emulsion sehr fein und gleichmässig wird, ist erforderlich, dass beide Bestandtheile sehr anhaltend und kräftig zusammengerieben werden und dass vor allem auch während des allmählichen Erstarrens der Gelatine tüchtig weitergerührt wird. Denn es ist begreiflich, dass die Vertheilung des Oels in feinste Tröpfchen namentlich dann eintritt, wenn die Gelatine in sehr zähflüssigem Zustand, wie er beim Erstarren eintritt, mit dem Oel zusammengerührt wird. Solche Emulsionen sind, wenn gut gelungen, ganz weiss, rahmartig und in dickeren Lagen natürlich undurchsichtig.

Zur genaueren Untersuchung streicht man eine kleine Partie mit dem Glasstab oder einer Nadel in möglichst dünner Schicht auf den Objektträger oder das Deckglas, oder schmilzt auch eine kleine Partie auf diese Unterlagen auf. Es gelingt auf solche Weise leicht, ganz dünne, d. h. nur einwabige Lagen der Emulsion zu erhalten.

Dass es sich, bei gelungener Herstellung, um wirklich schaumartige Emulsionen handelt, d. h. um solche, bei welchen die trennende Gelatinemasse zwischen den einzelnen Oeltröpfchen so dünn ist, dass sie wie die Seifenlösung eines Seifenschaumes Lamellen bildet, die in der bekannten gesetzmässigen Anordnung zusammengefügt sind, ist sofort ersichtlich. Der Hauptvortheil, welchen die Untersuchung solcher Gelatineölschäume bietet, besteht einmal darin, dass man sie leicht in sehr verschiedener Feinheit erhält und daher in einem und demselben Präparat gewöhnlich neben relativ groben Strukturen alle Uebergänge bis zu recht feinen antrifft, was die Vergleichung der gröberen und feineren Strukturbilder sehr erleichtert. Bei den feinsten Schäumen, die ich auf dem geschilderten Wege erzielte, sank der Durchmesser der kleinsten Waben bis 0,7 μ herab (s. Taf. 13, 9a), kam also dem manchen Protoplasmas sehr nahe.

Zum allgemeinen Studium feiner Schaumstrukturen eignen sich daher diese Emulsionen sehr; ich kann sie deshalb Allen sehr empfehlen, welche sich die Mühe geben wollen, unzweifelhafte mikroskopische Schaumstrukturen ein wenig zu studiren. Dazu kommt, dass sich solche Präparate leicht in eine Form überführen lassen, welche ihre dauernde Aufbewahrung und jederzeitige Betrachtung als Vergleichsobjekte gestattet.

Eine weitere Eigenthümlichkeit macht diese Schäume sehr interessant. Kurz nach ihrer Herstellung, auf dem Objektträger unbedeckt betrachtet, erscheint die Gelatinemasse, welche das von Oel erfüllte Gerüstwerk bildet, schwächer lichtbrechend als das Oel. Dies folgt leicht daraus, dass alle Gerüstbälkchen der Wabenräume bei tiefer Einstellung hell, bei hoher dagegen dunkel erscheinen (s. Taf. 1, Figg. 1a tief und 1b hoch). Die Bilder sind genau dieselben, wie sie ein gewöhnlicher Schaum, z. B. einer der Oelseifenschäume, die ich 1892 beschrieb, oder

schaumiges Protoplasma darbietet, nur treten die sich entsprechenden Bilder bei der entgegengesetzten Einstellung auf. Das dunkle Bild der Gerüstmaschen, also das hohe, ist in diesem Falle auch das deutlichere und klarere und zeigt, wie das entsprechende tiefe gewöhnlicher Schäume, die dunklen Knotenpunkte der Maschenecken bei richtiger Einstellung (Fig. 1 b). Ein falsches Netzbild erhält man in diesem Zustande des Schaums natürlich bei tiefer Einstellung und geeigneter Verengerung der Blende (s. Fig. 1 c).

Steht nun ein solches Präparat einige Zeit an der Luft, so ändert sich das Brechungsverhältniss der beiden Bestandtheile in das gerade Gegentheil. Trotz des Oelüberzuges, der das Gelatinegerüstwerk bedeckt, trocknet dasselbe nämlich allmählich ein und wird dabei stärker lichtbrechend als das Oel, welches es einschliesst. Auf diese Weise wird also das Gelatinegerüst nach ca. 24 Stunden stärker lichtbrechend wie sein Inhalt, und damit auch der Charakter des Schaumes ganz der gleiche wie der gewöhnlicher Schäume. Fig. 1 d Taf. I zeigt dieselbe Stelle wie die Figg. 1 a — c, nachdem diese Veränderung eingetreten war, bei tiefer Einstellung. Das Bild ist, wie die Vergleichung lehrt, ganz das gleiche wie das der Fig. 1 b bei hoher Einstellung; nur treten die Knotenpunkte weniger hervor, was wohl auf nicht ganz geeigneter Einstellung beruht. Ausserdem sind die Gelatinewände durch die Eintrocknung dünner geworden. Natürlich giebt dieser Schaum nun auch ein falsches Netzbild, aber wie gewöhnliche Schäume bei hoher Einstellung.

Dass die geschilderten Schäume alle Eigenthümlichkeiten wirklicher Schäume zeigen, bedarf kaum besonderer Betonung; hervorheben will ich nur, dass man die Anordnung der, eine grössere Wabe umgrenzenden kleineren zu einem radiär gebauten Alveolarsaum überall deutlich wahrnimmt. Eine weitere eigenthümliche Erscheinung, auf die ich früher bei den Oelseifenschäumen schon mehrfach hinwies (1892 p. 26), begegnet uns auch hier; nämlich die Thatsache, dass an den, auf den Objektträgern aufgetragenen Gelatineölschäumen die Ränder in der Regel aus feineren Waben bestehen, dass sich die Schaumstruktur gegen die dünnen Ränder der Schicht allmählich verfeinert. (Ueber die mögliche Erklärung dieser Erscheinung siehe weiter unten p. 41.)

Wie oben bemerkt, lassen sich solche Präparate von Gelatineölschaum leicht zu Dauerpräparaten umgestalten, wenn man sie in Alkohol oder in ein Gemisch von Alkohol und Aether bringt und das Oel auflöst. Werden sie darauf mit Alkohol abgespült und getrocknet, so verdunstet dieser und wird durch Luft[1]) ersetzt. Bei diesem Verfahren erhält sich das Schaumgerüst ganz intakt und derartige Trockenpräparate sind natürlich ganz dauerhaft, wenn sie, mit einem Deckglas bedeckt, gegen Feuchtigkeit geschützt werden. Wie leicht ersichtlich, tritt die Schaumstruktur in solch' lufthaltigen Präparaten viel deutlicher und schärfer hervor, als in den ursprünglichen, wegen des stärkeren Brechungsunterschieds der beiden Bestandtheile. Vorausgesetzt ist natürlich, dass die untersuchte Schicht sehr dünn, womöglich nur eine Wabenlage dick ist, da die Durchsichtigkeit dickerer Lagen bei Lufterfüllung der Wabenräume geringer wird, wie ja auch die Farbe im auffallenden

1) Hier und im Folgenden ist das bei der Austrocknung in den Waben auftretende Gas als Luft bezeichnet worden. Die Frage, ob dies richtig ist, wird weiter unten erörtert werden.

Licht unter diesen Bedingungen aus der ursprünglich weissgelblichen, rahm- oder käseartigen, in reines Weiss übergeht und kreideartig wird.

Die erwähnte Auflösung und Entfernung des Oeles aus dem Wabengerüst der Gelatineölschäume erfordert in anderer Hinsicht noch eine kurze Betrachtung. Sie gelingt, wie zu erwarten, nicht nur bei dünnen Schichten auf dem Objektträger, sondern auch an centimeterdicken Stücken der Emulsion bei genügend langer Behandlung. Nun zeigt die genaueste mikroskopische Untersuchung überall völlig abgeschlossene Wabenräume, nirgends, weder an der Oberfläche noch im Innern lässt sich eine Kommunikation benachbarter Räume bemerken; geplatzte oder in einander geöffnete Waben sind nirgends zu finden oder können doch nur ganz vereinzelt vorkommen. Weiterhin zeigt auch die genaueste Untersuchung mit stärksten Vergrösserungen an den mit Alkohol-Aether extrahirten Schäumen keinerlei feinere Struktur der Gelatinegerüstwände, weder Durchbrechungen noch Poren oder etwas dergleichen. Aus dem Erwähnten folgt daher, dass wir uns das Eindringen des Alkohols in das Innere der Wabenräume und ebenso auch den Austritt des im Alkohol gelösten Oels nur als einen Durchtritt durch die dünnen Gelatinegerüstwände denken können und zwar, da Oeffnungen auch nicht in Form feinster Poren wahrzunehmen sind, so muss die Substanz der Wände selbst durchdringlich sein, ein Vorgang, den man sich etwa als eine Diffusion vorstellen könnte, ähnlich wie sie durch eine homogene dünne Flüssigkeitslamelle stattfinden kann. Es ist hier nicht der Ort, die Frage zu erörtern, ob diese Durchdringlichkeit der dünnen Gelatinewände nicht gerade darauf hinweist, dass sie doch eine, wenn auch mikroskopisch unsichtbare, fein-poröse Struktur besitzen müssen; hierüber wird später, an geeigneter Stelle näher zu verhandeln sein. Dagegen mag es, im Hinbliek auf diese Verhältnisse, Interesse besitzen, die Dicke der Gelatinewände festzustellen, so weit sich darüber nach den mikroskopischen Bildern urtheilen lässt. Am genauesten wird dies geschehen, wenn wir das dunkle, hohe oder tiefe Bild der Gerüstbalken möglichst scharf eingestellt haben, jedenfalls wird auf diese Weise keine zu geringe, eher eine zu bedeutende Dicke der Balken ermittelt werden, was sich daraus ergiebt, dass, bei einigermassen enger Blende, das Blendenbild, welches der Wabeninhalt, je nach seiner Brechbarkeit, bei hoher oder tiefer Einstellung entwirft, kleiner wie die Wabe selbst wird und daher eine scheinbare Verdickung der Wabenwände auf diese Weise eintreten kann. Aus den Photographien, Fig. 1 a—b, Taf. 1, welche eine frische, nicht eingetrocknete Emulsion bei 270 facher Vergrösserung darstellen, folgt aus beiden Einstellungen (1 a tief, 1 b hoch), dass die Dicke der stärksten Wabenwände nicht über 0,25 mm beträgt, was einer wahren Dicke von ca. 0,9 μ entspricht. Die gleiche Stelle dieses Präparats, nach Eintrocknen des Gelatinegerüstes, also nachdem es stärker lichtbrechend wie der Oelinhalt geworden ist, untersucht (s. Fig. 1 d Taf. 1), zeigt die Wabenwände viel feiner, was ja zu erwarten war. Sie können hier kaum über 0,1 mm geschätzt werden, woraus sich eine wahre Dicke von etwa 0,3—0,5 μ ergiebt. Ungefähr das gleiche Ergebniss liefert die Photographie der sehr feinen Emulsion, die Taf. 13 Fig. 9a lufthaltig, also getrocknet, bei tiefer Einstellung wiedergegeben ist. Die hier sichtbaren feinsten Wände haben ca. 0,5 mm Dicke, woraus sich bei der Vergrösserung von 1380 die Dicke von 0,3—0,4 μ berechnet. Beträchtlich dicker dagegen sind wenigstens z. Th. die Wände der gröberen, jedoch

vorzüglich schaumigen Emulsion, die auf Taf. 1 Fig. 2 dargestellt ist; die dicksten Wände berechnen sich hier auf ca. 2—3 μ. Wie gesagt, spricht jedoch alles dafür, dass die Wandstärke sowohl bei der hohen wie der tiefen Einstellung eher zu gross wie zu klein erscheint, so dass daraus und aus dem Gesammteindruck folgt, dass die Wandstärke solcher Gelatineölemulsionen in getrocknetem Zustand sicherlich zum Theil bis auf 0,3 μ, wahrscheinlich aber häufig noch unter diesen Betrag herabgeht; scharfe Messungen sind ja nicht ausführbar. Da nun ein Zweifel an der Richtigkeit der bei korrekter Einstellung in diesem Fall gesehenen Strukturbilder nicht bestehen kann, so folgt hieraus doch mit aller Bestimmtheit, dass Strukturelemente, wie die Wabenwände solcher Schäume, auch wenn ihre Dimensionen bis 0,5 μ und wohl noch ziemlich weit darunter herabgehen, völlig richtig in dem mikroskopischen Bild wahrgenommen werden können, dass daher die Schlüsse hinsichtlich der Grenzen der Leistungsfähigkeit der Mikroskope und ebenso auch der Hinfälligkeit und Bedeutungslosigkeit der feineren Strukturbilder übertriebene sein dürften.

Die Untersuchung zeigt also, dass die Wände solcher Gelatineemulsionen ungemein dünn sind, und dieser Umstand muss in Rücksicht gezogen werden für die oben erörterte Frage nach ihrer Durchlässigkeit für die verschiedensten Flüssigkeiten, welche, wie Alkohol und andere, mit der Gelatine selbst eine Vereinigung, im Sinne einer Lösung etwa, nicht einzugehen vermögen. Die grosse Dünne der zu passirenden Lamellen ist ein Umstand, welcher sicherlich bei dieser Angelegenheit ins Gewicht fällt, und ohne in eine tiefere Erörterung des Problems einzugehen, begnügen wir uns vorerst mit der Feststellung der Thatsache.

Wie zu erwarten, lassen sich die ihres Oels beraubten, lufthaltigen Emulsionen ohne jede Schwierigkeit wieder mit Alkohol anfüllen. Bei Alkoholzusatz sieht man die Flüssigkeit rasch in die Wabenräume eintreten und sie allmählich anfüllen; ein Luftaustritt findet dabei nicht statt, vielmehr wird die Luft an Ort und Stelle in den Waben von der Flüssigkeit absorbirt. Man sieht, wie das Luftbläschen sich fortgesetzt verkleinert und schliesslich ganz schwindet.

Lässt man das Präparat wieder verdunsten, so ist in umgekehrter Weise die allmähliche Erfüllung der Waben durch Luft zu verfolgen, indem zuerst ein ganz kleines Luftbläschen auftritt, das gewöhnlich sehr rasch wächst und schliesslich die gesammte Wabe ausfüllt. Hieraus, wie aus den Früheren ergiebt sich natürlich, dass die dünnen Wabenwände der Luft und Dämpfen den Durchtritt sehr leicht gestatten, was ja bei ihrer Durchlässigkeit für Flüssigkeiten selbstverständlich erscheint.

Vorzügliche Dauerpräparate der Gelatineemulsionen lassen sich ferner auch gewinnen, wenn man die mit Alkohol-Aether entölten Präparate in alkoholischer Lösung von Säurefuchsin färbt, wodurch das Gelatinegerüst sehr gut tingirt wird, und hierauf durch Xylol in Kanada überführt. Man erzielt so sehr klare schöne Präparate, welche im reinen Farbenbild alles zeigen, was an den ungefärbten Präparaten über die Struktur gefunden wurde (s. Taf. 20 Fig. 13, welche Photographie übrigens ziemlich mangelhaft ist). An diesen Präparaten fällt namentlich die intensive Färbung der Knotenpunkte des Gerüstwerkes auf, die leicht zu der irrigen Meinung verleiten könnte, dass stärker färbbare Körnchen in sie eingelagert seien,

was nicht der Fall ist. Die Erscheinung beruht nur auf der grösseren Substanzmasse, welche in den Knotenpunkten angehäuft ist.

Die geschilderten Emulsionen eignen sich sehr gut zur Herstellung faserig-schaumiger Strukturen. Recht schön sind diese gelegentlich schon bei gröberen Schäumen zu beobachten, wenn bei der Erstarrung zufällig eine Partie stark ausgezogen wurde und dann rasch erstarrte. Streicht man eine feine Emulsion, im Moment der Erstarrung, in einer Richtung dünn auf den Objektträger, so erhält man sehr schöne faserige Strukturen (s. Taf. 1 Fig. 3). Die betreffende Photographie ist nur in der Hinsicht nicht sehr charakteristisch, als die verwendete Emulsion zwar recht fein, jedoch nicht sehr ausgesprochen schaumartig erscheint, wie der Vergleich mit den Photographien Fig. 1 und 2 ergiebt. — An solch' faserigen Gelatineemulsionen lässt sich hübsch wahrnehmen, dass die hintereinander gereihten, ungefähr in einer Linie zusammenfallenden Wände viel deutlicher hervortreten und mehr imponiren, als die dazwischen ausgespannten Querwände, dass sie daher wie faserartige Gebilde erscheinen (siehe jedoch auch Taf. 21 Fig. 1). Auf dieses Verhalten wies ich schon 1892 hin (p. 31) und versuchte gleichzeitig auch eine Erklärung zu geben (p. 116). Wie gesagt, geben gerade diese Schaumemulsionen hierfür geeignete Erläuterungen.

Wenn man zähe Emulsionen in geringer Menge auf Deckglas oder Objektträger fein aufstreicht, erhält man zuweilen äusserst feine Fädchen der Emulsion, die pseudopodienartig von dickeren Zügen auslaufen und häufig auch verästelt erscheinen. Fig. 12 Taf. 18 und Fig. 1 Taf. 21 geben davon eine gute Vorstellung nach mit Alkohol-Aether entölten und getrockneten Präparaten. Die feinen Fädchen werden so dünn, dass sie gerade noch wahrnehmbar sind. Es ist von grossem Interesse, zu sehen, wie sich der Charakter der Emulsion in diesen feinen Fädchen verhält. Sind dieselben noch etwas gröber, so sieht man die in einer Reihe hintereinander geordneten einreihigen Schaumbläschen noch deutlich; sind die Fädchen jedoch sehr fein, so lassen sich in ihnen, bei tiefer Einstellung, nur hintereinander gereihte dunkle Punkte wahrnehmen. Die sorgfältige Vergleichung mit den dickeren Stellen ergiebt, dass diese dunklen Punkte, welche eine regelmässige Querstreifung der Fädchen bedingen, nichts anderes sind, als die Knotenpunkte, resp. die Querwände hintereinandergereihter feinster Waben. Diese Erfahrung scheint mir im Hinblick auf die Bilder, welche ähnlich feine Protoplasmafädchen in Form von Geisseln oder Pseudopodien darbieten, von erheblicher Wichtigkeit. Auch die feinen Pseudopodien lebender, wie geeignet konservirter Rhizopoden zeigen solche dunkle Knotenpunkte sehr schön (s. 1892 Figg. 1, 2, 4—6) und ebenso die Geisseln zahlreicher Flagellaten nach geeigneter intensiver Färbung. Letzteres zeigte zuerst Künstler (1889) sehr gut und ich habe mich gemeinschaftlich mit Frau M. Margouliès bei zahlreichen Flagellaten von der Richtigkeit dieser Beobachtung überzeugt. Wenn nun auch die vorliegende Erfahrung über das ähnliche Aussehen der feinsten Emulsionsfädchen keinen direkten Beweis für die einreihig schaumige Beschaffenheit des Protoplasmas der Geisseln und Pseudopodien bieten kann, so geht doch wenigstens soviel daraus hervor, dass die Annahme eines solchen Baues von diesen Beobachtungen wesentlich unterstützt wird.

Die Wabenräume jener feinsten Gelatineölemulsionsfädchen sind nun ungemein

klein, während die benachbarten dickeren Partien stets viel ansehnlicher sind; dies erklärt sich nicht allzuschwer. Wenn nämlich ein Fädchen einer Emulsion stark ausgezogen und verdünnt wird, so kann dies nicht ohne Einfluss auf die Wabenräume, die von flüssigem Oel gefüllt sind, selbst sein. Jeder Wabenraum wird dabei zu einem Flüssigkeitsfaden in der zähflüssigen Gelatineumhüllung ausgezogen. Ein solcher Flüssigkeitsfaden aber kann, wie bekannt, nicht längere Zeit bestehen, sondern wird rasch perlschnurartig und zerfällt schliesslich in eine Reihe feinerer Tröpfchen oder Waben. Dass dies thatsächlich der Fall ist, habe ich an später zu besprechenden zähen Gummiemulsionen vielfach beobachtet. Hieraus erklärt sich also der äusserst feinschaumige Bau der feinsten Fädchen und hieraus auch die Erfahrung, dass überhaupt die fein aufgestrichenen Emulsionen meist bedeutend feiner sind oder doch stellenweise feinere Partien aufweisen wie die Mutteremulsion. Wahrscheinlich dürfte aber der gleiche Umstand auch die hauptsächlichste Ursache der eigenthümlichen Erscheinung sein, dass die dünnen Ränder der Schäume gewöhnlich sehr fein strukturirt sind.

Ganz besonders schöne faserige Schaumstrukturen lassen sich aus den Gelatineölemulsionen auch noch dadurch erzeugen, dass man aus ihnen im zähen Zustand mit geeigneten Manipulationen feine Fäden frei auszieht, was nach einigen Versuchen recht gut gelingt. Man kann solche Fäden relativ fein erhalten. Fig. 9 Taf. 18 und Fig. 7 Taf. 21 zeigen je ein kleines Stück eines derartigen Fadens bei schwacher Vergrösserung (109). Auf die besonderen Eigenthümlichkeiten derartiger Fäden werden wir später zurückkommen.

Noch auf andere Weise erhält man sehr hübsche faserige Strukturen in den Gelatineemulsionen, und diese Beispiele sind gleichzeitig für später zu besprechende, ähnliche Erscheinungen und ihre Erklärung nicht unwichtig.

Sind nämlich zufällig in die Emulsionen Luftblasen eingeschlossen worden, so sieht man in den Präparaten nach der Erstarrung häufig, dass um die Luftblasen eine allseitige, radiärfaserige Umwandlung der Schaumstruktur eingetreten, dass also die Luftblase von einem strahligen Hof umgeben ist. Die genauere mikroskopische Untersuchung zeigt den Grund dieser Erscheinung bestimmt darin, dass die Waben gegen die Luftblase als Centrum gerichtet und mehr oder weniger radial in die Länge gezogen sind. Fig. 6 Taf. 1 zeigt eine solche Luftblase mit ihrem Strahlenhof bei schwacher Vergrösserung; doch liesse sich die Erscheinung zweifellos noch viel schöner erhalten, als diese Figur sie darbietet, wenn dazu bessere und feinere Emulsionen verwendet würden. Zufälliger Weise waren gerade die Emulsionen, mit welchen ich die Versuche ausführte, relativ grob und von wenig schaumartigem Charakter, was auch aus der Fig. 6 hervorgeht. Man verfährt am besten so, dass man eine kleine Partie der festen Emulsion auf den Objektträger bringt, ein Deckglas auflegt und dann auf dem Wasserbad schmilzt, wobei gewöhnlich zahlreiche grössere und kleinere Luftbläschen in der Emulsion eingeschlossen werden.

Die Erklärung der strahligen Hofbildung liegt sehr nahe; die ganze Erscheinung weist darauf hin, dass sie durch einen von der Luftblase als Centrum allseitig auf die Umgebung ausgeübten Zug hervorgerufen wird. Grössere Oeltröpfchen in der Umgebung der Luftblasen zeigen dies stets sehr deutlich, da sie länglich thränenförmig ausgezogen sind und zwar radiär zur Luftblase und stets so, dass das

zugespitzte Ende des Tröpfchens gegen die Luftblase gerichtet ist. Dieser von der Luftblase auf die umgebende Gelatine ausgeübte Zug kann zunächst daher rühren, dass sie sich bei der Abkühlung verkleinert und so die umgebende Gelatine nach ihrem Centrum zieht, andererseits aber auch auf einer allmählichen Verkleinerung der Luftblase durch Absorption. Wir werden später, bei den strahligen Erscheinungen in geronnener Gelatine finden, dass eine Bedingung für die gute Ausbildung dicke und rasch erstarrende Gelatine ist. Das Gleiche wird wohl auch für die hier in Rede stehenden Strahlenerscheinungen gelten, was ich hervorheben möchte, um eventuelle Wiederholungen der Versuche zu erleichtern.

Endlich lässt sich an diesen Gelatineölschäumen auch eine Erfahrung, auf welche ich schon 1892 hinwies (p. 158), bestätigen, dass nämlich feine feste Partikel oder Körnchen, welche in die Schäume eingerührt werden, sich fast stets in den Kanten und Knotenpunkten ansammeln. Wurde fein vertheilter Zinnober oder Karmin in die Gelatineschäume auf diese Weise eingeführt, so nahmen die Partikelchen fast stets die angegebene Lage ein, wie die mikroskopische Untersuchung lehrte und auch die Photographien Figg. 4 Taf. 1 und 13 Taf. 20 deutlich zeigen.

IV. Untersuchungen über Gerinnungsschäume.

Als Gerinnungsschäume bezeichne ich die Schaumbildungen, welche bei der Gerinnung von Lösungen gewisser Stoffe entstehen. Die Stoffe, welche ich untersuchte, sind einmal gewisse Kohlehydrate, wie arabisches Gummi, Stärke, Collodium und Celloidin, ferner Eiweiss und flüssige Gelatine, schliesslich Lösungen gewisser Harze. Der Gerinnungsvorgang der konzentrirten Lösungen aller dieser Stoffe, bei Einwirkung geeigneter Gerinnungsflüssigkeiten, lässt sich nach meinen Erfahrungen als ein Entmischungsvorgang auffassen. Indem das flüssige Gerinnungsmittel auf die gerinnbare Lösung wirkt, entsteht zunächst jedenfalls, wie dies ja auch die darauf besonders gerichteten Erfahrungen zeigten, eine sogenannte Niederschlagsmembran auf der Grenze der beiden Flüssigkeiten, d. h. eine ganz minimal dünne Schicht des gerinnbaren Körpers scheidet sich unter dem Einfluss des angrenzenden Gerinnungsmittels als festes Häutchen aus. Damit wird der direkten Vermischung der beiden Flüssigkeiten ein Hinderniss bereitet und die weitere Vermischung geschieht daher relativ langsam auf diffusionellem Wege. Das Gerinnungsmittel, welches durch die Membran eindringt, ruft nun in der gerinnenden Substanz eine Entmischung hervor, indem es, dem Lösungsmittel sich beimischend, bewirkt, dass die frühere Lösung nicht mehr fortbestehen kann, sondern sich in zwei Lösungen scheidet, von welchen die eine (a) viel des Gerinnungsmittels und des Lösungsmittels, das sie der gerinnenden Lösung entzieht, sowie wenig des gerinnenden Körpers

enthält, die andere (b) dagegen aus der Hauptmenge des gerinnenden Körpers und weniger seines Lösungsmittels sowie sehr wenig von dem Gerinnungsmittel besteht. Die Folge des Eindringens des Gerinnungsmittels ist daher die Ausscheidung zahlreicher kleiner Tröpfchen der ersterwähnten Lösung in der zweiten und damit die Entstehung eines feinen bis gröberen Schaumes, der durch die fortgesetzte Einwirkung des Gerinnungsmittels schliesslich ganz erstarrt oder erhärtet, indem das Gerinnungsmittel auch der zweiten Lösung, welche das Gerüstwerk des Schaumes bildet, schliesslich das Lösungsmittel völlig entzieht und so die Wände zur Erstarrung bringt.

Ein solcher Gerinnungsprozess durch Entmischung, unter der Einwirkung eines flüssigen Gerinnungsmittels, wird nun, wie auch die Erfahrung zeigt, nur dann zu einem gleichmässigen und wohl ausgebildeten schaumigen Gerinnungsprodukt führen können, wenn die zur Gerinnung gebrachte Schicht eine verhältnissmässig sehr dünne ist. Denn einmal kann, wenn z. B. Gummilösung in absolutem Alkohol zur Gerinnung gebracht wird, bei dem langsamen Eindringen des Alkohols den inneren Partien der Gummilösung auch allmählich das Lösungsmittel mehr und mehr entzogen werden, ohne dass eine schaumige Entmischung eintritt. Wenn andererseits, und dieser Fall ist der wichtigere, zur Gerinnung einer wässerigen Lösung, z. B. von Eiweiss oder β-Gelatine, die wässerige Lösung eines Gerinnungsmittels, wie Chromsäure, Gerbsäure oder dergl., verwendet wird, so wird bei dickeren Schichten oder Massen Folgendes eintreten. Da die äussere geronnene, hautartige Partie Wasser leichter durchlässt als das in demselben gelöste Gerinnungsmittel, so wird ein Diffusionsstrom von Wasser zu der inneren ungeronnenen Partie gehen und diese allmählich in eine relativ verdünnte Lösung verwandeln, indem die gesammte Masse gleichzeitig anschwillt. Der Fall liegt daher so, wie bei den von Traube hergestellten sog. künstlichen Zellen. Eine stark verdünnte Lösung vermag jedoch bei Zutritt des Gerinnungsmittels nicht mehr schaumig zu erstarren — sei es deshalb, weil die Wände der sich bildenden Schaumwaben so dünn sind, dass sie sofort zerreissen, sei es deshalb, weil die im flüssigen Zustande sich bildenden Wände ineinander platzen und sich das noch flüssige Gerüst auf diese Weise zu kleinen Tröpfchen zusammenzieht und zerfällt, die dann bei der weiteren Einwirkung des Gerinnungsmittels zu Gerinnseln erstarren. Auch könnte ja der Fall schliesslich so liegen, dass, von einem bestimmten Verdünnungsgrad der Lösung ab, bei der Entmischung sich nicht mehr Tropfen der Lösung a in b ausscheiden, sondern umgekehrt Tröpfchen der Lösung b in a, so dass hier das Verhältniss der beiden durch Entmischung entstehenden Bestandtheile zu einander umgekehrt wäre. Sei es nun, dass in der Wirklichkeit einer dieser Fälle realisirt ist, oder, wie ich es für wahrscheinlicher halte, die beiden letzterwähnten gleichzeitig, jedenfalls ist sicher, dass ein Gerinnungsschaum nur aus stark konzentrirten Lösungen hervorgeht und dass stark verdünnte ein fein globulitisches Gerinnsel, d. h. ein aus erstarrten und mehr oder weniger zusammenhängenden bis verschmolzenen Tröpfchen bestehendes Gerinnsel geben. Auf diese Weise erklärt sich, dass z. B. dickere Eiweisspartien nur äusserlich gut schaumartig gerinnen, während sich innerlich Flüssigkeit mit Gerinnsel, jedoch kein zusammenhängender Schaum bildet[1]).

---

[1]) Ich habe in letzter Zeit die Fällung stark verdünnter Lösungen der oben erwähnten Stoffe etwas genauer geprüft und werde über die Ergebnisse in einem Nachtrag zu diesem Abschnitt kurz berichten.

Bei allen diesen Gerinnungen wird man jedoch ferner wahrnehmen, dass sich auch ausserhalb der gerinnenden Lösung, in dem Gerinnungsmittel, und zwar dicht auf der Grenze beider Flüssigkeiten ein entsprechendes feines Gerinnsel in meist nicht sehr beträchtlicher Menge bildet. Die Erklärung hiefür kann nur darin gesucht werden, dass eine geringe Menge der gerinnenden Lösung aus der geronnenen Masse in das Gerinnungsmittel diffundirt und hier schliesslich ganz ausgefällt wird. Diese Erscheinung lässt sich vielleicht noch besser verstehen, wenn wir einen Augenblick auf die Vorgänge näher eingehen. Wenn eine dicke Gummilösung mit starkem Alkohol behandelt wird, so bildet sich, wie gesagt, zuerst die äussere Niederschlagsmembran und hierauf diffundirt ein wenig Alkohol in die äussere Partie der Gummilösung; derselbe ruft hier die Ausscheidung von Tropfen hervor, die aus stark wässerigem Alkohol bestehen, indem eine bedeutende Menge des dem Gummi als Lösungsmittel dienenden Wassers in diesen Tropfen ausgeschieden wird. Die aus verdünntem Alkohol bestehenden Tropfen enthalten jedoch auch noch etwas Gummi gelöst. Diese alkoholhaltige schwache Gummilösung vermag nun zu dem äusseren starken Alkohol zu diffundiren und giebt hier zu der Entstehung des erwähnten Gerinnsels durch weitere Fällung Anlass. Ich werde später, bei der genaueren Schilderung des Verhaltens der β-Gelatine gegen Alkohol auf diese Verhältnisse noch etwas näher eingehen.

Im Nachfolgenden sollen nun die einzelnen, näher untersuchten Stoffe einer möglichst gedrängten Besprechung unterzogen werden, indem wir mit dem Verhalten einer Gummilösung gegen Alkohol beginnen.

1. Arabisches Gummi.

Streicht man eine dicke Gummilösung in dünner Schicht auf ein Deckglas oder den Objektträger und bringt diese hierauf in absoluten Alkohol, so tritt sofort Gerinnung auf; die Schicht wird weiss, undurchsichtig und hart. Die Untersuchung ergiebt mit Sicherheit, dass feinschaumige Gerinnung vorliegt mit allen typischen Charakteren dieser Bildung. Hierüber entscheidet nach unseren früheren Erfahrungen die Beschaffenheit des mikroskopischen Bildes bei verschiedener Einstellung, im Besonderen die hohe Lage des falschen Netzbildes und alle die übrigen Einzelheiten, die bei der allgemeinen Erörterung solcher Strukturbilder aufgezählt wurden. Wie hervorgehoben wurde, ist die Entscheidung über die Natur einer derartigen Struktur mit voller Bestimmtheit nur dann zu erzielen, wenn es sich um eine einschichtige Schaum- oder Wabenlage handelt. Es ist daher stets sehr wichtig, derartige Stellen zur Untersuchung zu wählen. Da es nun kaum möglich ist, die Gummischicht so dünn aufzustreichen, dass sie bei der Gerinnung nur einschichtig wird, so eignen sich zum Studium solch' dünnster einschichtiger Lagen zunächst am meisten die Ränder der Lage, die nicht selten so dünn auslaufen und dabei die Erscheinung zeigen, dass die Struktur immer feiner wird und in dem äussersten Randsaum gewöhnlich völlig erlischt, welcher daher homogen erscheint. Noch geeigneter jedoch wie die Ränder erweisen sich die besonderen Verhältnisse, welche da vorliegen, wo Luftblasen, wie dies häufig ist, in die Gummischicht eingeschlossen

sind. Zwischen diesen Luftblasen und dem Deckglas befindet sich natürlich eine äusserst dünne Schicht der Gummilösung, welche sich gleichzeitig von dem Rand der Blase bis zu der dem Deckgläschen am innigsten angelagerten Kuppe fortgesetzt verdünnt. Diese dünne Schicht zwischen Deckglas und Luftblase gerinnt daher gewöhnlich einschichtig wabig, wenigstens findet man in ihr regelmässig eine Zone, welche den einschichtigen Bau deutlich zeigt und sich zur Untersuchung besonders eignet. — Einige Schwierigkeit bereitet nur der Umstand, dass die Wölbung der Blase, namentlich wenn man deren freie, nicht dem Deckglas oder dem Objektträger zugewendete ganz dünne Wand untersucht, es nur erlaubt, eine sehr beschränkte Zone scharf einzustellen. Dieser Umstand erfordert daher eine gewisse Sorgfalt bei der Untersuchung. Gewöhnlich findet man an den Luftblasen die Verhältnisse so, dass die Kuppe der Blase ganz homogen erscheint, gar keine Schaumbläschen aufweist, da sie minimal dünn ist; darauf folgen häufig einige zerstreute, vereinzelte Schaumbläschen, und hierauf diese bald so dicht, dass ein geschlossener Schaum entsteht, wie in der übrigen Masse des geronnenen Gummis.

Die vereinzelten, durch weitere Zwischenräume getrennten Bläschen der Kuppe haben nun insofern eine besondere Wichtigkeit, als man sich an ihnen aufs Klarste überzeugen kann, dass es sich um schwächer lichtbrechende, geschlossene Bläschen handelt, die dem stärker brechenden Gummigerüst eingelagert sind. Da sich nun die dichte Struktur einfach durch enges Zusammenrücken dieser Bläschen bildet, so folgt daraus schon, dass sie einen wirklichen Schaum darstellt, dessen Gerüstwerk von der festen, stärker brechenden Gummimasse gebildet wird, dessen Wabeninhalt dagegen schwächer lichtbrechend und, wie gleich gezeigt werden soll, eine Flüssigkeit ist. Weiterhin bietet jedoch die Luftblase noch eine für die Schaumnatur wichtige Erscheinung dar. Untersucht man nämlich genau den äquatorialen Querschnitt einer solchen Blase, so wird man sich leicht und bestimmt überzeugen, dass die feinschaumige Gummimasse mit einem deutlichen Alveolarsaum an die Luftblase grenzt, d. h. die Schicht der Schaumwaben, welche die Blase zunächst umgiebt, besitzt radiär zu deren Oberfläche gerichtete Wände, woraus ein radiär gestrichelter, etwas hellerer dünner Saum resultirt, welcher die Luftblase umzieht. Da ich schon früher (1892 p. 23) die physikalischen Gründe für die Entstehung eines solchen Saums bei Schäumen genauer erörterte, so kann ich auf das dort angegebene verweisen. Die stete Existenz des Saumes aber unter den erwähnten Bedingungen darf als Beweis dafür erachtet werden, dass die Struktur thatsächlich eine schaumige ist und dass das Gummigerüst bei seiner Entstehung zunächst noch eine zähflüssige Beschaffenheit besass und erst allmählich erhärtete, da nur unter dieser Bedingung eine solche Anordnung der Wabenräume um die Luftblase auftreten konnte.

Die sichere Feststellung eines solchen Alveolarsaums am Rand einer Luftblase oder auch an der äusseren Oberfläche eines Gerinnungsschaumes hat meist erhebliche Schwierigkeiten, da leicht Täuschungen durch Diffraktionssäume an diesen Stellen, auf der Grenze zweier, in ihrer Brechung stark verschiedener Medien, hervorgerufen werden können. Sorgfältige Untersuchung bei verschiedener Weite der Blende ist daher nöthig, um sich zu vergewissern, dass hier wirklich eine solche Struktur vorliegt. Dazu kann namentlich auch das hohe Netzbild, welches ein solcher

Saum ebenfalls geben muss, zu Hilfe gezogen werden. Einmal muss natürlich jede der Radiärwaben des Alveolarsaums bei hoher Einstellung zu einem dunklen Punkt werden, ferner giebt auch die Grenze des Saums gegen die Luftblase eine dunkle Linie, dazu gesellen sich die Diffraktionssäume der einzelnen dunklen Punkte der Waben und die Gesammtwirkung muss daher sein, dass auch in dem hohen Netzbild ein Alveolarsaum sichtbar ist, der jedoch, wie die nebenstehende schematische Figur 14 zeigt, in die Zwischenräume des richtigen Alveolarsaums fällt. — Gerade bei den Gummischäumen habe ich dies hohe falsche Netzbild der Alveolarsäume um die Luftblasen häufig sehr deutlich gesehen.

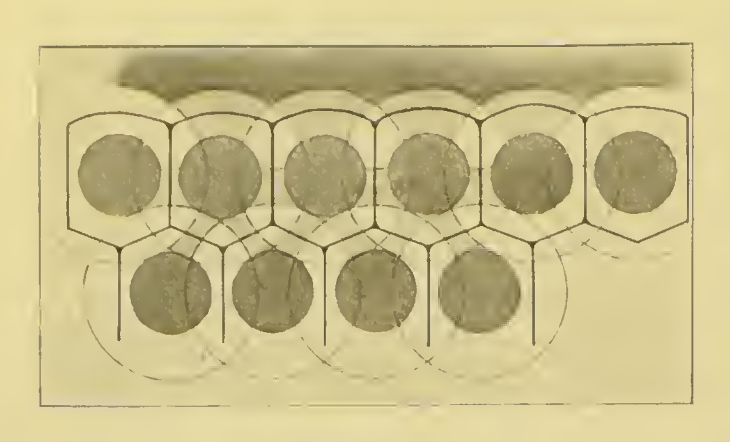


Fig. 14.

Schema der Entstehung eines alveolarsaumartigen Bildes im hohen falschen Netzbild am Rande eines Schaums.

Die eben erörterten besonderen Verhältnisse der Schaumstruktur um eingeschlossene Luftblasen sind etwas genauer dargelegt worden, weil sie in derselben Weise bei allen zu schildernden Gerinnungsschäumen wiederkehren und für die Auffassung und Untersuchung dieser minutiösen Strukturen eine gewisse Wichtigkeit haben. Strahlungsstrukturen um Luftblasen wurden bei Gummi nie beobachtet.

Eine gewisse Berücksichtigung verdient noch die Erfahrung, auf welche schon bei den Gelatineölemulsionen hingewiesen wurde, dass die Schaumstruktur nämlich gegen die auslaufenden Ränder der Schicht feiner wird. Wie ich s. Z. (1892 p. 26) schon für die flüssigen Oelseifenschäume erörterte, ist dies eine Eigenthümlichkeit, welche den Schaumbildungen unter den gegebenen Bedingungen überhaupt zukommt. Bei den Gerinnungsschäumen, auch denen des Gummis, tritt dieselbe Erscheinung stets sehr deutlich hervor, da, wie schon angegeben wurde, die äussersten Ränder immer feiner strukturirt und meist sogar schliesslich ganz strukturlos werden. Bei diesen Schäumen hat jedoch die Erscheinung zweifellos noch einen besonderen Grund. Die dünnen äusseren Ränder einer auf das Deckglas oder den Objektträger gestrichenen Gummilösung etc. sind natürlich diejenigen Stellen, wo die unvermeidliche Verdunstung rasch eine starke Konzentration hervorruft. Der Wassergehalt der dünnen Gummischicht wird an den Rändern rasch abnehmen und schliesslich ganz gering werden. Je geringer der Wassergehalt jedoch ist, desto kleiner werden auch die ausgeschiedenen Schaumbläschen werden, und schliesslich wird sich eine äusserste Schicht von so geringem Wassergehalt finden, dass eine Ausscheidung sichtbarer Schaumbläschen gar nicht mehr statthat. Von der Richtigkeit dieser Auffassung glaube ich mich auch direkt dadurch überzeugt zu haben, dass ich konzentrirtere, sehr dicke und verdünntere Gummilösungen in der gleichen Weise durch absoluten Alkohol zur Gerinnung brachte. Die ersteren ergaben feiner strukturirten Schaum wie die letzteren, obgleich es nicht möglich war, dies durch Messungen ganz scharf festzustellen. Wie gesagt, verhalten sich auch in dieser Beziehung die noch zu besprechenden Gerinnungsschäume ganz ebenso wie Gummi.

Vorhin wurde bemerkt, dass der Inhalt der Waben der geronnenen Gummi-

lösung Flüssigkeit sei und zwar, wie sich aus dem schon Dargelegten ergiebt, wässeriger Alkohol. Dass dies richtig ist, lässt sich leicht zeigen. Wird ein solches Präparat aus absolutem Alkohol herausgenommen und an der Luft getrocknet, so bemerkt man, dass an manchen Stellen kreideweisse Flecken auftreten, die sich bis zu gewissem Grade vergrössern, während die dazwischen liegenden Partien ihre weissliche Farbe z. Th. bewahren, z. Th. jedoch auch glasartig durchsichtig werden. Die mikroskopische Untersuchung ergiebt, dass diese Erscheinung darauf beruht, dass sich an den kreideweissen Stellen die Wabenräume mit Gas gefüllt haben, d. h. dass die sie früher erfüllende Flüssigkeit verdunstet ist.

Verfolgt man den Vorgang unter dem Mikroskop, so sieht man deutlich das etwas sprungartige Vorrücken der Gaserfüllung der minutiösen Wabenräume. In den weisslichen Partien ist die Struktur in der gleichen Beschaffenheit wie früher erhalten geblieben, dagegen an den glasig durchsichtig gewordenen völlig verschwunden (Taf. 17 Fig. 5a—b). Von besonderem Interesse ist nun der Umstand, dass man an den Rändern der gaserfüllten kreideweissen Partien auch in der nichtgaserfüllten schaumigen Gummimasse vielfach ganz vereinzelte Waben bemerkt, welche sich ihres dunkelgerandeten Aussehens wegen als gashaltig erweisen (s. Fig. 5a—b). Diese Erfahrung spricht also bestimmt dafür, dass es sich thatsächlich um einen wirklichen Schaum mit geschlossenen Waben handelt, nicht etwa um ein schwammiges Gerüst, dessen Hohlräumchen unter einander kommuniziren.

Eine völlige Gaserfüllung des Gummischaumes lässt sich leicht dadurch erzielen, dass man die aus absolutem Alkohol herausgenommenen Präparate unter der Luftpumpe austrocknet.

Wie vorhin erwähnt wurde, bleiben bei der Austrocknung an freier Luft zwischen den lufthaltig gewordenen Stellen in der Regel solche, die das frühere weissliche Aussehen behalten und die bei mikroskopischer Betrachtung die Schaumstruktur noch ziemlich in derselben Weise wie bei Untersuchung in Alkohol zeigen. Hieraus ist zu schliessen, dass sich in dem Schaumgerüst derartiger Stellen die Flüssigkeit erhalten hat. Dieser Schluss wird dadurch bestätigt, dass solche Stellen bei leichtem Erwärmen über der Flamme gashaltig und kreideweiss werden. Anders dagegen verhalten sich die glasartig durchsichtig gewordenen Partien, wenn solche überhaupt auftraten. Sie zeigen bei mikroskopischer Untersuchung keine Schaumstruktur mehr und sind jedenfalls dadurch entstanden, dass beim Eintrocknen, wenn dies nicht sehr rasch oder in der Wärme geschieht und wenn der Alkohol nicht ganz wasserfrei ist, zuletzt ein wenig wässeriger Alkohol zurückbleibt, da das Wasser zuletzt verdunstet. Eine solche Spur stark wässerigen Alkohols oder Wassers genügt jedoch, um das Schaumgerüst des in Wasser oder stark wasserhaltigem Alkohol leicht löslichen Gummis zu zerstören. Die glasartigen Stellen sind jedenfalls solche, welche auf die geschilderte Weise ihrer Struktur dauernd beraubt wurden.

Bringt man ein Präparat mit gashaltigem kreideweissem Schaumgerüst wieder in absoluten Alkohol, so sieht man wenigstens an dünnen Stellen die Gaserfüllung rasch verschwinden und die frühere weissliche Färbung auftreten, da das Gerüst nun wieder von Alkohol erfüllt ist; an dickeren Stellen dagegen bleibt die Gaserfüllung und damit die kreideweisse Farbe auch unter Alkohol stundenlang bestehen, indem nur an beschränkten Stellen hie und da Aufhellung eintritt. Ob die Gaserfüllung

sich unter Umständen dauernd erhalten kann, vermag ich nicht zu sagen, da ich die Angelegenheit nicht lange genug verfolgte.

In verschiedener Weise und zu verschiedenen Zeiten wurde versucht, aus sehr stark eingedickter, ganz zäher Gummilösung feine Fäden auszuziehen, um dieselben in gleicher Weise durch Alkohol zur Gerinnung zu bringen. Es gelang dies jedoch meist nie, da die Fäden stets durchrissen und sich wieder kugelig zusammenzogen. Schliesslich wurde die Sache in der Weise versucht, dass eine grössere Partie dicker Gummilösung auf den Boden einer Glasschale gegeben und darauf mit 95 % Alkohol übergossen wurde. Auf diese Weise gelingt es leicht, in dem Alkohol mit einer Nadel aus der Gummimasse feine Fäden auszuziehen, die rasch erstarren. Die so erhaltenen Fäden sind meist sehr fein und, wie die genauere Untersuchung ergiebt, im Querschnitt nie rund, sondern bandförmig, häufig sogar sehr stark abgeplattet. Um sie genauer mikroskopisch zu untersuchen, wurden sie theils nach der vorherigen Ueberführung in absoluten Alkohol an der Luft getrocknet und dann in Kanadabalsam aufgestellt, theils dagegen aus Alkohol in Xylol und darauf in Kanadabalsam übergeführt. Die Fäden sind wie der mit Alkohol behandelte Gummi überhaupt sehr brüchig, weshalb man in den Präparaten nur verhältnissmässig kleine Stücke erhält.

Die nach den beiden erwähnten Verfahren präparirten Fäden erweisen sich durchaus stark gashaltig, d. h. ihr Wabengerüst war fast völlig von Gas erfüllt. Bei dem zweiten Verfahren, nämlich Ueberführung aus Alkohol in Xylol und Kanadabalsam, wäre man zunächst geneigt, dies dadurch zu erklären, dass die sehr dünnen und zarten Fäden bei der Uebertragung aus der einen in die andere Flüssigkeit Zeit hatten, auszutrocknen und sich mit Luft zu füllen; dass jedoch diese Erscheinung sich vielleicht, ja wahrscheinlich, in anderer Weise erklärt, wird später bei Besprechung der geronnenen Gelatine hervorzuheben sein.

Die mikroskopische Untersuchung der Fäden ergiebt nun, dass ihr Wabengerüst prächtig längsgereiht faserig ist, wie die beiden Photographien auf Taf. 17 Figg. 3 und 6 gut zeigen. Die Erscheinung rührt hier klar von dem Zug bei der Herstellung der Fäden her. Die Struktur ist überall da deutlichst zu sehen, wo die Fäden sehr dünn und gashaltig sind, was, wie gesagt, beides meist der Fall ist. Sie werden stellenweise sogar so dünn, dass die Dicke eine Wabenlage nicht überschreitet, ein Umstand, der sich gelegentlich auch an solch' dünnen lamellösen Fäden, die auf der Kante standen, im optischen Längsschnitt nachweisen liess. — Wo das Wabengerüst nicht gashaltig, sondern von Kanada erfüllt ist, wie es an den dünnen Randpartien hier und da der Fall war, ist von Struktur kaum etwas zu sehen, da der Brechungsunterschied zwischen Kanadabalsam und Gummi sehr gering ist. Diese Gummifäden geben ein treffliches Beispiel der durch Zugwirkung längsfaserig umgeformten Schaumstruktur, wie wir sie ähnlich noch bei einer Reihe künstlicher und natürlicher Objekte antreffen werden. Bei dieser Gelegenheit möge nachträglich erwähnt werden, dass auch die Deckglaspräparate geronnenen Gummischaumes häufig stellenweise eine schön streifigfaserige Schaumstruktur zeigen, welche sich ja leicht dadurch erklärt, dass bei der Gerinnung lokale Zugwirkungen vorkommen.

Zwei Fragen sind es, die an jenen Gummifäden noch besonders interessiren, nämlich ihre Wirkung auf das polarisirte Licht und ihr Verhalten bei der Quellung.

Sie polarisiren kräftig und zwar ist ihre Längsachse eine Achse grösster optischer Elasticität (Nägeli), ihre Querachse eine solche geringerer; sie sind also positiv. Den Querschnitt konnte ich nicht untersuchen, es bleibt daher dahingestellt, ob sie als optisch einachsig aufzufassen sind. Deutlich ist zu sehen, dass die gaserfüllten Partien der Wabengerüste besonders lebhafte Farbenwirkung geben, während die nicht gaserfüllten Theile eine schwächere Wirkung in demselben Sinne haben. An den sehr dünnen Lamellen tritt die Farbenwirkung, die bei Betrachtung der Fläche wenig deutlich ist, schön und kräftig und in demselben Sinne hervor, wenn sie von der Kante betrachtet werden, also im optischen Längsschnitt.

Die Quellung der Fäden ist deshalb von besonderem Interesse, weil schon Höhnel (1882) über Gummifäden Folgendes mittheilte. „Macht man sich aus dickflüssiger Gummimasse dünne kurze Fäden, so zeigen dieselben in Alkohol liegend, bei Wasserzusatz unter dem Mikroskope eine bis 50 % Verkürzung, ganz so wie Bastfasern in Schwefelsäure.“ Ich habe schon in meiner Arbeit von 1896 (p. 53) diese kurze und daher nicht recht kontrollirbare Angabe Höhnel's darauf zurückzuführen gesucht, dass die von Höhnel dargestellten Fäden vermuthlich einen längsgestreckt faserig-wabigen Bau besassen und sich daher aus den, in meiner Schrift näher erörterten Gründen beim Aufquellen stark verkürzten. Unter diesen Umständen muss das Verhalten der oben geschilderten Fäden beim Aufquellen von besonderem Interesse erscheinen. Die hierüber angestellten, wegen der brüchigen Beschaffenheit der Fäden (die daher nur in kleinen Stücken zu untersuchen waren) und wegen der Löslichkeit des Gummis in Wasser, etwas schwierigen Beobachtungen ergaben das von mir, auf Grund meiner Erfahrungen über die Quellung 50 % Gelatinefäden, erwartete Resultat. Wurden die Fäden aus absolutem Alkohol in 50—60 % übergeführt, so trat Quellung auf und zwar, soweit ich feststellen konnte, ohne Verkürzung, sondern mit sehr mässiger Verlängerung in der Längsachse, dagegen mit sehr starker, zwei- und dreifacher Verbreiterung des Querdurchmessers. Wie gesagt, konnte ich eine sichere Verkürzung, auch eine vorübergehende, nicht nachweisen; die Verlängerung betrug bei der Verdickung auf das Doppelte höchstens bis 10 %. Die Messungen waren jedoch nicht genau auszuführen. Wie gesagt, ergaben diese Erfahrungen das, auf Grund der Versuche über die Gelatinefäden (s. weiter unten), zu erwartende Resultat, dass nämlich die Fäden sich nicht verkürzen, dagegen eine starke Verschiedenheit in der Quellung nach der Quer- und Längsachse zeigen. Wie auch die mikroskopische Betrachtung ihres Wabengerüstes zeigt, ist die Längsstreckung der Waben sehr mässig; etwas vorhanden muss sie ja sein, da sonst eine längsreihige Anordnung nicht so deutlich hervortreten könnte. Eine Verkürzung wird daher kaum eintreten oder so rasch in Verlängerung übergehen, dass sie unsichtbar bleiben kann. Die starke Aufquellung in der Querrichtung dagegen erklärt sich wohl daraus, dass die Waben, bei der Herstellung der Fäden durch Ausziehen in Alkohol, in dieser Richtung unter dem Einfluss des Alkohols besonders schrumpfen. Immerhin habe ich die Fäden in dieser Hinsicht nur kurz und gelegentlich geprüft, so dass ich weitere Schlüsse aus ihrem Verhalten vorerst nicht ziehen möchte.

Erst nach Abschluss dieser Untersuchungen ist es mir nach mannigfachen Versuchen endlich geglückt, aus allmählich eingedickter, sehr zäher Gummilösung

in freier Luft schöne feine Fäden auszuziehen, die sich gut erhielten. Ihre Darstellung hängt wohl hauptsächlich davon ab, dass man den richtigen Zeitpunkt, d. h. die richtige Zähigkeit der Lösung trifft. Auf weitere interessante Erfahrungen an diesen Fäden, sowie auf ähnliche an den oben beschriebenen, werde ich erst später bei der Besprechung der Gelatinefäden eingehen. Diese Fäden verhielten sich gleichfalls optisch positiv.

2. Untersuchungen über die Ausfällung einer Gummilösung durch Alkohol.

Die Erfahrungen über das Verhalten der Lösung von β-Gelatine bei Zusatz von Alkohol, worüber weiter unten (p. 54) einiges mitgetheilt werden soll, gaben Veranlassung, diese Frage später auch für die Gummilösung zu prüfen. Leider vermochte ich dieser Untersuchung (Anfang 1897) nicht mehr so viel Zeit zu schenken, als es die zweifellos recht interessanten Verhältnisse erforderten, um zu allseitiger und befriedigender Aufklärung zu gelangen.

Eine mässig dicke Gummilösung wurde tropfenweise mit absolutem Alkohol versetzt. Die weissliche Trübung, welche bei jedem Zusatz entsteht, verschwand beim Schütteln sofort wieder. Erst nachdem etwa der 15.—20. Theil absoluten Alkohols zugesetzt war, erhielt sich die Trübung dauernd und erwies sich, bei mikroskopischer Untersuchung, als aus äusserst minutiösen, in lebhafter Molekularbewegung befindlichen Pünktchen bestehend. Diese Ausscheidung setzte sich bei ruhigem Stehen der Flüssigkeit sehr langsam ab, so dass sich erst nach 2—3 Wochen auf dem Boden des Reagenzglases ein geringer weisser Bodensatz gebildet hatte. Nach einer vorläufigen Untersuchung blieb derselbe ca. 1/2 Jahr unberührt stehen, bevor zur genaueren Betrachtung geschritten wurde.

Die letztere hatte nun in vieler Hinsicht interessante Ergebnisse, welche jedoch, wie gesagt, nicht soweit durchgearbeitet werden konnten, als dies erforderlich scheint. Der weissliche Bodensatz bestand aus Tröpfchen einer sehr zähflüssigen Masse, die wir als eine sehr konzentrirte Gummilösung mit wenig Wasser und wenig Alkohol anzusehen haben, dadurch entstanden, dass sich die ursprüngliche, mit Alkohol versetzte Gummilösung in zwei Lösungen entmischt hat, von denen die eine wenig Gummi und viel Wasser und Alkohol, die andere, ausgeschiedene und spezifisch schwerere, dagegen sehr viel Gummi, wenig Wasser und Alkohol enthält. Die Tröpfchen der letzteren Lösung nun (die stets in der ersten untersucht wurden) sind in den verschiedensten Grössen in dem Bodensatz vorhanden, von der minutiösesten, eben wahrnehmbaren Grösse an in allen Abstufungen bis zu ziemlich ansehnlichen Kügelchen und auch noch grösseren, bei der Herausnahme meist unregelmässigen Massen. Es kann nun keinem Zweifel unterliegen, dass die grösseren Tröpfchen allmählich durch sehr langsamen Zusammenfluss der kleinsten, ursprünglich ausgeschiedenen entstanden sind und dass die kleinen punktförmigen Ausscheidungen, welche die Trübung ursprünglich bildeten, eben solch' feinste Tröpfchen waren, aus deren Zusammenfluss die grösseren hervorgingen. Die genaue Untersuchung der, die kleinsten etwas übertreffenden Tröpfchen (bis zum Durchmesser von ca. 1—2 μ) ergiebt nun ganz bestimmt, dass diese Tröpfchen sämmtlich

hohl sind, d. h. dass sie von einer schwächerlichtbrechenden, vermuthlich wässerig-alkoholischen Lösung erfüllt werden (s. Textfig. 15, 1). Da man diese Hohlheit bis zu den kleinsten Tröpfchen verfolgen kann, die ihrer Dimensionen wegen eine solche Beobachtung überhaupt noch gestatten, so spricht viel für die Vermuthung, dass sämmtliche kleineren Tröpfchen, auch die allerfeinsten, an denen keine Höhle zu sehen ist, dieselbe Beschaffenheit besitzen.

Die grösseren Tropfen sind in der Regel entsprechend gebildet, indem sie einen vakuolig-wabigen Bau besitzen, was verständlich ist, wenn sie durch Verschmelzung der kleinsten und kleineren hohlen allmählich entstanden. Nicht selten begegnet man solch' grösseren Tropfen, die durch und durch gleichmässig schaumig sind und deren Oberfläche daher einen schönen Alveolarsaum zeigt (Fig. 15, 2, 3, 4, 9). Dabei tritt zuweilen eine konzentrische, schichtenartige Zusammengruppirung der Wabenräumchen auf, wie es die Fig. 15, 9 gut darstellt, welche bei ziemlich weiter Blende entworfen wurde und daher durchaus zuverlässig erscheint.

Häufig bemerkt man jedoch auch, dass die schaumige Beschaffenheit der grösseren Tröpfchen nicht gleichmässig ist, sondern sich namentlich ein centrischer oder excentrischer, grösserer vakuolenartiger Hohlraum vorfindet. Die übrige Masse des Tröpfchens kann dabei entweder deutlich feinschaumig sein, wie es die Figuren 3, 7, 8 in verschiedener Bildung zeigen, oder es kann die Grundsubstanz auch anscheinend homogen sein. Ob Letzteres aber thatsächlich so ist, scheint mir etwas fraglich aus folgendem Grund. Stets zeigt nämlich die einfache oder mehrfache Vakuole in der anscheinend homogenen Grundsubstanz eine sehr deutliche, bei tiefer Einstellung kräftig dunkle Wand und ebenso auch die äussere Oberfläche der Tröpfchen eine solche. Dies würde sich leicht erklären, wenn die Grundsubstanz sehr feinschaumig wäre und dadurch etwas schwächer lichtbrechend als diese pellikularen Säume, wie sich aus der Vergleichung der Figuren deutlich ergiebt.

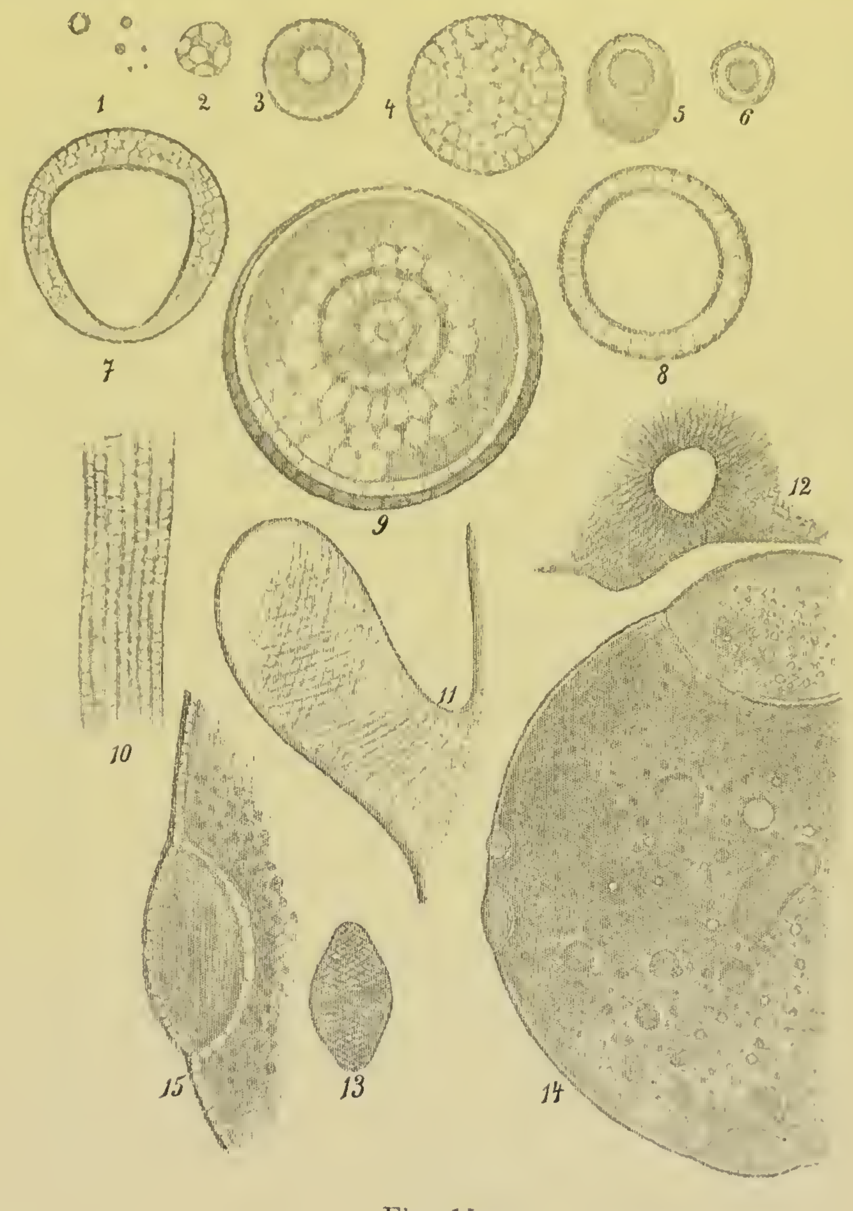


Fig. 15.

Produkte aus Gummilösung durch Ausfällung mit wenig Alkohol erhalten. Genaueres siehe im Text. Obj. 2. Oc. 12. Nur Fig. 14 bei schwächerer Vergrösserung. Einstellung überall tief. Fig. 15 eine Partie von Fig. 14 bei stärkerer Vergrösserung.

Auch die grösseren Massen zeigen sich immer mehr oder weniger, bis dicht vakuolig. Dass daneben noch ein feinwabiger Bau der Grundsubstanz häufig besteht, wird dadurch wahrscheinlich, dass nicht selten auf der freien Oberfläche dieser Massen ein feiner Alveolarsaum zu erkennen ist (Textfig. 15, 14, 15; Fig. 15 ist eine stärker vergrösserte Partie des Randes von Fig. 14). In den Vakuolen dieser Massen finden sich häufig feinkörnige oder tröpfchenartige Einschlüsse, welche in lebhafter Molekularbewegung begriffen sind, was beweist, dass der Inhalt der Vakuolen leichtflüssig ist.

Der Aggregatzustand aller dieser Gebilde ist ein sehr zähflüssiger; wenn sie nämlich durch Pressung oder Zerrung deformirt werden, nehmen sie sehr langsam wieder Kugelgestalt an.

Sehr eigenthümlich ist nun die Erscheinung, dass man in den grösseren Tropfen und Massen häufig auch tropfenartige Einschlüsse findet, welche die gleiche oder nur eine wenig stärkere Lichtbrechung besitzen (s. die Textfig. 15, 5, 6, 14). Da diese Einschlüsse stets von einem hellen Saum umgeben und andererseits selbst von einem dunklen pellikula-artigen Grenzsaum umzogen sind, so scheint auch diese Bildung dafür zu sprechen, dass sowohl die Grundsubstanz der Einschlüsse als die der sie enthaltenden Tropfen sehr feinschaumig ist. Diese Einschlüsse, welche häufig wie Kerne im Protoplasma erscheinen, dürften wohl in der Weise entstehen, dass thatsächlich kleinere Tröpfchen mit grösseren sich vereinigen, ohne mit ihnen wirklich zu verschmelzen, sich vielmehr gesondert erhalten. Dafür sprechen sehr die Zustände, wie sie in Textfig. 15, 14—15 gezeichnet sind, wo man ausser zahlreichen derartigen Einschlüssen grössere oberflächliche findet, die sich zwar mit dem Haupttropfen vereinigt haben, jedoch deutlich gegen ihn begrenzt sind. Auch bei längerer Beobachtung solcher Zustände wurde kein Zusammenfluss der in die Oberfläche eingesenkten Tropfen mit der Masse der grossen wahrgenommen.

Besonders interessante Erscheinungen traten bei der Pressung und Zerrung gröber vakuoliger Massen auf. Durch energische Pressung und Zerrung kann man dieselben nämlich in sehr schön feinwabige Massen verwandeln und zwar in folgender Weise. Bei dieser Misshandlung ziehen sich die Massen zu fadenartigen zähen Strängen aus, wobei jede Vakuole in der Dehnungsrichtung zu einem feinsten Flüssigkeitsfaden gestreckt wird, der in eine Reihe kleinster Tröpfchen zerfällt. An Massen, welche vereinzeltere Vakuolen enthalten, kann man diesen Vorgang deutlich verfolgen. Die stark ausgezogenen Stränge haben daher einen prachtvoll faserig-wabigen Bau (siehe Textfig. 15, 10) mit dickeren Längswänden und zärteren Querwänden, was sich aus der Art der Entstehung erklärt und auch auf die ähnlichen Verhältnisse anderer faserig-gedehnter Schäume Licht wirft. Nach Aufhören der Zerrung und Pressung ziehen sich die gedehnten Stränge wieder zur Kugelgestalt zusammen und liefern dann sehr gleichmässig feinschaumige Massen mit schönem Alveolarsaum, werden jedoch allmählich durch Zusammenfliessen der kleinen Schaumbläschen wieder grobvakuolig.

Bei der Zusammenziehung dieser prachtvoll feinfaserigen gedehnten Fäden liess sich folgende, sehr interessante Erscheinung beobachten. Wenn sich der Strang zusammenzieht, geht die längsfaserig-wabige Struktur in prächtigster Weise in eine schief-gekreuzt-streifige über (s. die Textfig. 15, 11, 13), deren Kreuzstreifung bei der weiteren Zusammenziehung des Strangs immer flacher und schliesslich zu dem unregelmässigen feinen Wabenwerk wird, das wir schon erwähnten.

Der Uebergang und die Umbildung gehen zu rasch vor sich, um genaue Zeichnungen herstellen zu können; ich vermag daher nur durch Skizzen eine Andeutung davon zu geben.

Die Wichtigkeit der hier vor den Augen des Beobachters sich abspielenden Erscheinung werden wir erst bei der Besprechung der gedehnten Gelatinefäden würdigen können.

Sehr schön strahlig-faserige Umbildungen des feinen Wabenwerks solch' gepresster Massen sieht man auch dann auftreten, wenn sich durch Zufall in einer grösseren Masse eine lochartige Lücke gebildet hat. Da die Oberflächenspannung am konkaven Rande dieser Lücke dieselbe zu schliessen sucht, so verkleinert sich die Lücke und übt dabei einen Zug auf die umgebende Schaummasse aus; diese nimmt daher eine schöne strahlig-faserige Struktur an, indem die Strahlen gleichzeitig, sich spiralig kreuzend, in zwei Richtungen verlaufen (s. die Textfig. 15, 12). Diese Struktur bleibt so lange bestehen, bis die Lücke sich vollständig geschlossen hat.

Wenn wir eben sahen, dass die gröber vakuoligen Massen durch starke Zerrung und Pressung feinschaumig umgewandelt werden, so wurde ich doch durch sorgfältige Beobachtung auch zum Schlusse gedrängt, dass die anscheinend homogene Grundsubstanz zwischen den gröberen Vakuolen grösserer Massen schon durch wiederholte schwache Pressung in ein feinstes Schaumwerk verwandelt werden kann. Obgleich ich diese Erfahrung mehrfach machte und ihr sicherer Nachweis von grosser Wichtigkeit wäre, kann ich sie doch nur mit einem gewissen Vorbehalt aufführen. Das, auf diese Weise hervorgerufene feinste Schaumwerk zwischen den gröberen Vakuolen wurde bei ruhigem Stehen der Massen immer undeutlicher und verschwand schliesslich wieder völlig. Dabei traten jedoch sehr eigenthümliche Zustände auf, die ich schon früher gelegentlich an nicht absichtlich gepressten Tropfen beobachtet hatte. Es lagen nämlich dann die Vakuolen gewissermassen in sekundären, deren Substanz in ihrer Lichtbrechung etwa die Mitte hielt zwischen der wässrigen Flüssigkeit der Vakuolen und der Grundsubstanz der Gummimasse. Bis zum folgenden Tag waren jedoch diese sekundären Vakuolen verschwunden. In diesem Fall waren daher dreierlei verschiedene Substanzen gleichzeitig vorhanden. Vielleicht ruft die Pressung die Ausscheidung der Substanz hervor, welche die sekundären Vakuolen bildet und diese entstehen aus dem feinen Schaumwerk, das sich bei der Pressung bildet durch Zusammenfluss dieser Substanz, welche sich dann allmählich wieder löst.

Bei wiederholter Pressung derselben Masse liess sich die gleiche Erscheinung nicht wieder hervorrufen, sondern nur feinschaumige Beschaffenheit durch Zerlegung der gröberen Vakuolen.

Eine seltsame Beobachtung, für die mir der Schlüssel fehlt, kann ich hier nicht ganz übergehen. Nicht allzuselten fanden sich nämlich Gruppen von etwas stärker lichtbrechenden Tropfen, eingebettet in Grundsubstanz von gewöhnlicher Lichtbrechung, die auch gegen die Zusatzflüssigkeit (d. h. die alkoholisch-wässerige Gummilösung) durch einen scharfen Kontur abgegrenzt ist; verfolgt man diesen Kontur jedoch, so hört er plötzlich auf und die sonst eingeschlossenen Tropfen liegen nun frei, unumhüllt da. Wir haben also hier eine Tropfenmasse, die streckenweise scharf gegen die Flüssigkeit abgegrenzt ist und streckenweise jede Spur einer Grenze ver-

missen lässt; wie gesagt, fehlt mir vorerst jede Erklärung dieser seltsamen Erscheinung.

Werden die geschilderten zähflüssigen Tropfen und Massen mit absolutem Alkohol (auf dem Objektträger durch Zuleiten unter dem Deckglas) behandelt, so werden sie durchweg prächtig feinschaumig; auch die vorher anscheinend oder wirklich homogene Grundsubstanz. Diese Schaumbildung tritt schon ein, bevor die Tropfen erstarrt sind. Ganz geronnen und erstarrt, erscheinen sie wieder etwas grobschaumiger als zuvor. Aus der umgebenden Flüssigkeit scheidet sich der Gummi in Gestalt von Globuliten und netzig verbundenen Globulitenpartien aus; doch haben diese Partien hie und da auch deutliche Wabenstruktur.

3. Nichtgelatinirende oder β-Gelatine.

Aehnlich wie Gummilösung verhält sich eine konzentrirte Lösung sog. β-Gelatine (M. Traube) gegen Alkohol. Verwendet wurde eine 20% Lösung, die durch einstündiges Erhitzen einer 20% Lösung gewöhnlicher Gelatine auf 125° C. in zugeschmolzenem Rohre erhalten war. Die Lösung war schwach gelblich braun und hatte beim Erhitzen etwas weissliches Gerinnsel ausgeschieden, das sich jedoch bald zu Boden setzte. — Gegen Alkohol zeigte sie ein nicht uninteressantes Verhalten, entsprechend dem im vorigen Abschnitt für Gummi geschilderten. Wurde das 2—3 fache Vol. 40—50% Alkohol zugesetzt, so trübte sie sich, wurde jedoch beim Schütteln wieder ganz klar; als dann tropfenweise absoluter Alkohol zugefügt wurde, so trat, nachdem eine ziemliche Quantität Alkohol zugegeben war, dauernde Trübung ein. Die Untersuchung ergab, dass diese Trübung von Flüssigkeitströpfchen herrührte, die sich ziemlich rasch zu Boden setzten und sich über Nacht zu einer bräunlichen Flüssigkeit vereinigt hatten, welche etwa 1/3 des Volumens der ursprünglichen Gelatinelösung betrug.

Der allmähliche Zusatz von Alkohol hatte also bewirkt, dass die Lösung sich entmischte, d. h. in eine spezifisch schwerere (b), welche die Hauptmenge der Gelatine und wenig Alkohol, und eine spezifisch leichtere (a), die wenig Gelatine und viel Alkohol enthielt.

Etwas von der gewöhnlichen 20% Lösung, auf Objektträger oder Deckglas gestrichen, ergab in absolutem Alkohol einen der Gummigerinnung durchaus entsprechenden Gerinnungsschaum. Nur insofern zeigte sich eine gewisse Verschiedenheit, als die Gerinnung nicht so gleichmässig wie bei Gummi vor sich gegangen war und der Schaum daher weniger gleichmässig ausfiel. Neben Partien von ähnlicher Feinheit wie die der Gummischäume fanden sich auch bedeutend grobwabigere vor und schliesslich hie und da recht grobe. Zwischen diesen verschieden feinen Schaumstrukturen liessen sich alle Uebergänge finden. Die gröberen Partien zeigten ferner, dass die Schaumstruktur nicht überall regulär war, sondern zuweilen einen mehr gerüstartigen spongiösen Charakter besass, indem benachbarte Waben theilweise zusammengeflossen waren, sich ineinander geöffnet hatten. — Die Erklärung dieser Erscheinungen liegt ziemlich nahe. Wie der oben erwähnte Versuch über den Einfluss des allmählichen Alkoholzusatzes zu der Lösung zeigt, findet

zunächst bei der Einwirkung des Alkohols eine Entmischung in der Weise statt, dass sich wässerige alkoholische Tropfen in einer zähen Lösung ausscheiden, welche die Hauptmenge der Gelatine enthält. Der sich bildende Schaum ist daher zunächst auf kurze Zeit ein flüssiger, ein Umstand, der in gleicher Weise jedenfalls für sämmtliche Gerinnungsschäume gilt, wie schon aus den sie beherrschenden Gesetzen der Schaumstruktur hervorgeht. Wenn nun, was leicht eintreten kann, die Erhärtung des zähflüssigen Schaumgerüstes unter der fortdauernden Einwirkung des Alkohols durch irgend welche Zufälligkeiten verzögert wird, so finden die minutiösen, wässerig-alkoholischen Schaumbläschen Zeit, theilweise unter einander zu verschmelzen und so gröbere Schaumpartien zu erzeugen. Wenn die weitere Erhärtung des Schaumgerüstes überhaupt unterbliebe, so würden sich die beiden Flüssigkeiten wohl vollständig von einander sondern und zusammenfliessen. Es ist ersichtlich, dass sich auch Strukturen von mehr oder weniger spongiösem Charakter auszubilden vermögen, wenn die Erhärtung in dem Zeitpunkte eintritt, wo ein solches gröberes Schaumwerk im Zusammenfliessen begriffen ist. Dass sich die Verhältnisse wirklich auf die geschilderte Weise erklären, folgt einerseits daraus, dass man in den gröberen Schaumpartien hier und da benachbarte Schaumbläschen thatsächlich in dem Moment des Zusammenfliessens fixirt findet, und weiterhin auch aus dem interessanten Verhalten der geronnenen Gelatineschäume bei Behandlung mit schwächerem Alkohol. Wird nämlich zu einem, in absolutem Alkohol untersuchten Präparat 40—50 % Alkohol gegeben, so tritt sofort Verflüssigung der erhärteten Gerüstmasse des Schaumes ein und damit beginnen auch die benachbarten Schaumbläschen ineinander zu platzen; die feinschaumigen Partien werden auf diese Weise bald grobschaumig bis emulsionsartig. Die flüssige Beschaffenheit der Gerüstmasse verräth sich in diesem Zusammenplatzen der Wabenräume ganz klar, wie denn diese Vorgänge auch deutlich beweisen, dass es sich wirklich um eine Schaumstruktur handelt. Abgesehen von diesem Zusammenplatzen der Bläschen und der damit verbundenen Vergröberung des Schaums, beobachtet man auch das Schwinden einzelner Schaumbläschen. Dies verläuft jedoch in zweierlei Weise; entweder so, dass die Bläschen langsam und andauernd kleiner werden und schliesslich als minutiöse Gebilde verschwinden, oder derart, dass sie sich rasch und plötzlich zusammenziehen und verschwinden, ganz in der Weise einer sog. kontraktilen Vakuole. Im ersteren Fall unterliegt es keiner Frage, dass das aus wässerigem Alkohol bestehende Tröpfchen allmählich von der umgebenden Gelatinelösung aufgelöst oder aufgezehrt wird. Im zweiten Falle dagegen schwindet das Tröpfchen, indem es nach aussen, in den umgebenden wässerigen Alkohol platzt und sich mit ihm durch Zusammenfliessen vereinigt. Dass dies wirklich der Fall ist, lässt sich nur dann deutlich verfolgen, wenn der Vorgang am Rand einer solchen verflüssigten Gelatineschaummasse geschieht, und ich habe es hier auch ganz sicher nachgewiesen. Da die verflüssigte Gelatinemasse, wenn sie an der Unterseite des Deckglases befestigt ist, wie es bei den von mir benutzten Präparaten gewöhnlich war, sich wegen ihrer spezifischen Schwere allmählich auf den Objektträger herabsenkt, so können solche Bläschen auch häufig an der freien Oberfläche in den umgebenden verdünnten Alkohol platzen und da sie spezifisch leichter sind, als die sie einschliessende Gelatinelösung, so haben sie ja das Streben an die Oberfläche aufzusteigen, weshalb man das Platzen der Tröpfchen an der Ober-

fläche sehr häufig wahrnimmt. — Auch die obenerwähnte, durch Alkoholzusatz aus der ursprünglichen Lösung abgeschiedene alkoholhaltige Gelatinelösung (b) gerinnt mit absolutem Alkohol sofort und zu meist sehr feinem, gleichmässigem Schaum. Wird hierauf der absolute Alkohol durch die stark alkoholische Lösung (a) verdünnt, die über jener ersteren stand (siehe oben p. 54), so tritt Verflüssigung des Schaumes ein. Da jedoch die zugesetzte Lösung verhältnissmässig stark alkoholisch ist — d. h. hinsichtlich ihres Alkoholgehaltes gerade auf der Grenze steht, wo eine weitere Steigerung Entmischung in der dicken Gelatinelösung (b) hervorruft und auch diese ihrerseits auf der Grenze steht, wo eine geringe Zufuhr von Alkohol Entmischung in ihr veranlasst — so sieht man in einem solchen Präparat, in raschem Wechsel, Partien der dicken Gelatinelösung (b), die ihren schaumigen Charakter ganz verloren haben, plötzlich wieder feinschaumig werden, indem sich in ihnen, gleich einem aufziehenden Nebel, eine Unzahl feinster Tröpfchen ausscheiden, und wie sie häufig ebenso schnell wieder diese Beschaffenheit verlieren, da die Tröpfchen sich wieder in der Gelatinelösung auflösen oder z. Th. platzen. — Dies wechselvolle Spiel von Entmischung und Mischung erklärt sich aus dem etwas variirenden Alkoholgehalt der Zusatzflüssigkeit des Präparats, dem Einfluss der Randverdunstung und dem lokaler Strömungen in der alkoholischen Zusatzflüssigkeit.

Bei der Gerinnung der β-Gelatine auf dem Objektträger oder dem Deckglas zeigt sich häufig eine Erscheinung, welche bei Gerinnungsvorgängen, die unter solchen Bedingungen stattfinden, häufig wiederkehrt und daher an dieser Stelle einige Worte verdient. Es fällt auf, dass in der geronnenen feinen Schaummasse häufig einzelne fibrillenartige Züge von schnurgerade hintereinander gereihten Waben auftreten, oder auch zwei parallelgereihte, dicht benachbarte Wabenreihen, welche einen etwas dickeren, einer Fibrille ähnlichen Zug der Gerüstsubstanz zwischen sich fassen. Andererseits begegnet man auch Partien mit zahlreichen derartigen Wabenreihen, die parallel in bestimmter Richtung verlaufen oder auch mit zwei solchen, in gleicher Ebene gelegenen Systemen, die sich unter einem gewissen Winkel kreuzen. — Zeichen von Dehnung oder Streckung zeigen die Wabenreihen nicht und diese Ursache der Erscheinung ist schon deshalb ausgeschlossen, weil es, wie gesagt, häufig ganz vereinzelte Wabenreihen sind, die in solcher Weise durch die sonst ganz ungeordnete Schaummasse hinziehen. Die Verfolgung dieser, in Gerinnungsschäumen häufigen Erscheinung, sowie ähnliche Erscheinungen, die gelegentlich beobachtet wurden, lassen folgende Erklärung als zutreffend erscheinen.

Wenn man eine von Luftblasen unterbrochene Wasserschicht unter dem Deckglas hat, so bemerkt man, dass die feinen Wassertröpfchen, welche sich in den Lufträumen an der Unterseite des Deckglases kondensiren, gewöhnlich in ähnlicher Weise gereiht sind, wobei die Reihen sich häufig in gewissen Richtungen kreuzen. Die Erscheinung lässt sofort vermuthen, dass sie mit dem Putzen des Deckglases im Zusammenhang steht, dass es die in gewissen Richtungen geführten Striche des zum Putzen verwendeten Tuches sind, welche durch den Beschlag mit Wassertröpfchen angezeigt werden, indem die Tröpfchen sich den Putzstrichen entsprechend niederschlagen. Die Erscheinung gehört zweifellos in das Gebiet der sogenannten Moser'schen Figuren, welche zuerst Moser beobachtet und hierauf Waidele näher untersucht hat, d. h., dass auf Glas- und Metallplatten, die mit Holz

oder sonstigen Körpern gestrichen werden, Wasser- oder Quecksilberdämpfe sich reihenweise, diesen Strichen entsprechend, niederschlagen. — Ohne hier auf die genauere Erklärung der Erscheinung einzugehen, welche Waidele auf die Veränderung der an der Oberfläche fester Körper adsorbirten und verdichteten Gashülle zurückführt (ich verweise auf die Lehrbücher der Physik, z. B. Wüllner Bd. 1 p. 496—98), betone ich nur, dass ich es für sicher halte, dass die fragliche Erscheinung auf dieses Phänomen zurückzuführen ist. Das Streichen mit dem Tuch oder Papier beim Putzen, wobei nicht zu vermeiden ist, dass kleine feste Staubtheilchen auf dem Deckglas oder Objektträger in gewissen Richtungen hingeführt werden, bringt Bedingungen hervor, welche das Auftreten gereihter Niederschläge feinster Tröpfchen wie bei den sogen. Moser'schen Figuren begünstigen. — Ganz die gleichen Bedingungen bestehen jedoch auch bei der Gerinnung der Gelatine- oder anderer Lösungen auf Objektträger oder Deckglas. Die ausgeschiedenen Tröpfchen werden sich auch in diesen Fällen längs den Putzstrichen auf der Glasfläche anordnen und die oben geschilderte Erscheinung hervorrufen, bald deutlicher, bald weniger deutlich. Für die Richtigkeit der Erklärung spricht auch die früher von mir bei der Untersuchung der Oelschäume häufig gemachte entsprechende Erfahrung, dass die feinen wässerigen Tröpfchen, die in einer, in Wasser unter dem Deckglas aufgestellten Oelmasse auftreten, oft ganz prächtig in dieser Weise auf der Oberfläche des Objektträgers in schnurgeraden, sich kreuzenden Linien aufgereiht sind. In diesem Falle kann man die allmähliche Ausscheidung der Tröpfchen verfolgen, was klar erweist, dass dabei die gleichen Umstände wirksam sind, wie bei der Entstehung der Moser'schen Figuren.

Wurde die 20 % Lösung der β-Gelatine aus einer feinen Kapillarröhre in absoluten Alkohol gespritzt, so erzielte man hübsche geronnene, drehrunde Gelatinefäden. Ich bemerke bei dieser Gelegenheit, dass das gleiche Verfahren weder mit Gummi noch mit Hühnereiweiss glückte. Die Fäden sind sehr brüchig, bald grobschaumig, bald sehr feinschaumig und dann zuweilen auch gut längsfaserig-wabig. Ausgezeichnet waren sie noch dadurch, dass an ihrer Oberfläche ein schöner Alveolarsaum sich fand. Leider sind mir s. Z. die Photographien solcher Fäden nicht geglückt, weshalb ich kein Bild derselben beizugeben vermag. Ebenso wurde auch versäumt, ihre Wirkung auf das polarisirte Licht zu untersuchen.

4. Gerinnungsschäume von Celloidin und Collodium duplex.

Hinreichend konzentrirte Lösungen dieser beiden Stoffe geben, wenn sie in sehr feiner Schicht aufgestrichen werden und dann noch kurze Zeit an der Luft etwas eintrocknen, bei Ueberführung in Wasser sehr feine, schöne Gerinnungsschäume. Gewöhnlich löst sich das dünne Häutchen nach der Gerinnung von der Glasfläche leicht ab, was die Untersuchung etwas erschwert, da die zarten Membranen sich dabei wellig falten; doch hat dieser Umstand insofern auch gewisse Vortheile, als er häufig Gelegenheit bietet, den optischen Durchschnitt der gefalteten Membranen zu studiren, und erlaubt, an den etwas schief aufsteigenden Falten die Bilder des Schaumes bei verschiedenen Einstellungen und deren Uebergang ineinander zu beobachten. — Wie gesagt, führt die Gerinnung nur dann zur Bildung

eines sehr feinen, gleichmässigen Schaumes, wenn die Schicht sehr dünn ist. Dickere Partien zeigen sich in der Regel gröber strukturirt und auch nicht selten unvollkommen schaumig, spongiös, wie dies oben für β-Gelatine schon ausgeführt wurde. Das Studium der Celloidin- und Collodiumschäume wird dadurch verhältnissmässig erleichtert, dass sie sich beim Austrocknen rasch und gleichmässig mit Gas anfüllen (ohne dass dazu besondere Vorsichtsmassregeln nöthig wären), was wegen der stärkeren Brechungsunterschiede die genauere Erkennung der feinen Strukturen wesentlich erleichtert. Auf Fig. 1 Taf. 9 ist solch' ein gaserfüllter Collodiumschaum wiedergegeben, der in Luft untersucht wurde (V. 1450). Der allgemeine Charakter der unregelmässigen feinen Schaumstruktur tritt gut hervor, obgleich ich den Verdacht nicht ganz unterdrücken kann, dass die Einstellung dieser Photographie ein wenig zu hoch gerathen ist und daher hie und da der Charakter des falschen Netzbildes vorwiegt. Auf Fig. 3 Taf. 9 (V. 975) ist deshalb ein ähnlicher, sehr dünner, gaserfüllter Collodiumschaum wiedergegeben, der gleichzeitig eine Neigung der Schaumstruktur zu etwas faseriger Ausbildung zeigt. Die feine Membran verlief ein wenig schief zur Einstellungsebene, weshalb auf der Photographie gleichzeitig die beiden Einstellungen hervortreten, nämlich auf der linken Hälfte die richtige tiefe, welche das wahre Wabenbild ergiebt, rechts und besonders in der oberen rechten Ecke die hohe, welche das falsche Netzbild zeigt.

Eine Neigung zur faserigen Umbildung der Schaumstruktur tritt bei den Celloidin- und Collodiumschäumen häufig und schön hervor. Gründe zu ihrer Entwickelung durch Zugwirkungen mögen sich ja bei der Gerinnung vielfach ergeben. Ebenso häufig begegnet man in diesen Präparaten den auf Putzstrichen beruhenden Reihungen von Waben. Als Beispiel vortrefflicher längsfaseriger Umbildung der Wabenstruktur solcher Gerinnungsschäume verweise ich zunächst auf die Photographie Taf. 9 Fig. 2 (V. 1450), welche einem, in Wasser geronnenen Präparat von Collodium entstammt, das durch Austrocknen gashaltig wurde. Der Charakter solch' faserig-schaumiger Strukturen tritt hier klar hervor, nämlich die schärfere Ausprägung der in Längslinien hintereinander gereihten Wabenwände, im Gegensatz zu der schwachen Ausprägung der Querwände. Ich habe dies früher allein auf den Eindruck, welchen unser Auge von derartigen Bildern empfängt, zurückzuführen gesucht (1892 p. 115). Nach dem, was ich seither hierüber weiter erfahren habe, bin ich nun doch geneigt, zuzugeben, dass, aus bis jetzt nicht ganz klaren Ursachen, diese längsgereihten Wabenwände faseriger Schäume wirklich meist etwas dicker sind als die sehr zarten Querwände. Eine der möglichen Ursachen wurde schon oben p. 52 näher erörtert. Ausserdem ist jedoch, speziell auf der Photographie Fig. 2, zu beachten, dass die dickeren und dunkleren Längszüge nicht einfach gereihte Längswände sind, sondern dass sie wenigstens theilweise selbst feinwabig erscheinen; ihre Dunkelheit rührt deshalb z. Th. daher, dass sie hoch eingestellte feine Wabenreihen sind, im Gegensatz zu den gröberen, die tief eingestellt sind. — Als weiteres schönes Beispiel faserig-wabiger Struktur solcher Schäume gebe ich hier noch die Photographie einer Stelle aus einem Präparat von Celloidin (s. Taf. 9 Fig. 5 [V. 1730]). Diese schön faserig-wabige Stelle stammt aus einem sehr feinen Schnitt durch die Celloidinmasse eines, auf die gewöhnliche Weise in Celloidinlösung eingebetteten Objektes. Die alkoholisch-ätherische Lösung von Celloidin wurde also in diesem Fall durch 70% Alkohol zur

Gerinnung gebracht. Die Deutlichkeit der sehr feinen Struktur wurde auf die Weise erzielt, dass die Schnitte auf dem Objektträger mit Alkohol aufgelegt und dann unter der Luftpumpe rasch ausgetrocknet wurden. Es handelt sich also um ein gashaltiges und deshalb besonders deutliches Wabengerüst.

Sehr schöne Gerinnungsschäume von grosser Mannigfaltigkeit erzielt man auch mit dem von Schällibaum zum Aufkleben der Schnitte in die mikroskopische Technik eingeführten Gemisch von Collodium und Nelkenöl. Da gewiss schon zahlreiche Mikroskopiker diesen Schaumstrukturen gelegentlich einige Aufmerksamkeit widmeten, so möchte ich sie hier mit einigen Worten kurz berühren. Beim Eintrocknen dieses Collodium-Nelkenöl-Gemisches, wie es beim Aufkleben der Schnitte unter leichtem Erwärmen vorgenommen wird, muss nothwendigerweise eine Entmischung eintreten, da beim Verdampfen des Alkohols und Aethers — des Lösungsmittels sowohl für das Collodium als das Nelkenöl — sich letzteres in feinsten Tröpfchen ausscheiden muss und so zur Bildung eines feinen Collodium-Nelkenöl-Schaums, ähnlich den oben beschriebenen Gelatineölschäumen, Veranlassung giebt. Bei der hierauf gewöhnlich folgenden Behandlung mit Xylol wird das Nelkenöl aus dem Wabengerüst herausgelöst und letzteres dann mit der beliebten Zusatzflüssigkeit gefüllt. — Da wir jedoch gleich erfahren werden, dass schon einfache Eintrocknung einer gewöhnlichen Collodiumlösung zu feinschaumiger Erstarrung führt, so ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass auch beim Eintrocknen des Collodium-Nelkenöl-Gemisches ein solcher Vorgang mitwirkt.

Diese Erfahrung, zu deren Erörterung wir uns jetzt wenden wollen, scheint in vieler Hinsicht wichtig, weshalb hier gleich hervorgehoben werden mag, dass sie nicht vereinzelt steht, sondern beim Eintrocknen mancher Harzlösungen eine Bestätigung findet. Auf diese eigenthümliche Erscheinung wurde ich zunächst aufmerksam durch die Beobachtung, dass eine feine Schicht der Collodiumlösung beim Eintrocknen plötzlich weisslich wurde. Die genauere Untersuchung zeigte sie durchaus gleichmässig feinwabig, ganz wie die dünnen, in Wasser geronnenen Lagen und gleichzeitig jedenfalls gaserfüllt[1]). Die Versuche wurden hierauf in der Weise wiederholt, dass eine dünne Schicht Collodiumlösung auf ein Deckglas gestrichen und dieses, hinreichend unterstützt, umgekehrt auf einen Objektträger aufgesetzt wurde, wobei die Collodiumschicht langsam verdunsten konnte. Leider gelang es gegen Erwarten nicht, auf diese Weise den Vorgang der Entmischung beim Verdunsten direkt zu verfolgen. Er tritt jedenfalls zu rasch und plötzlich ein, weshalb stets nur das Resultat, der erstarrte feine Schaum, zur Ansicht gelangte. Zum Beweise, dass der durch einfaches Eintrocknen erzielte Collodiumschaum, der in dünner Schicht, wie er zur Untersuchung vorliegt, fast glasartig durchsichtig ist, ganz dieselbe feine Schaumstruktur zeigt, welche wir auch an den, in Wasser geronnenen Collodiumschichten kennen lernten, verweise ich auf die drei Photographien Figg. 4a—c Taf. 9, welche eine und dieselbe Stelle einer solchen Lamelle bei verschiedener Einstellung wiedergeben. Die drei Photographien sind einer sehr dünnen Stelle einer an der Unterseite des Deckglases befindlichen Membran entnommen. Fig. 4b zeigt

[1]) Dass das Collodium häufig, namentlich wenn „sehr dünnflüssig", zu etwas opalisirenden Häuten eintrocknet, die bei starken Vergrösserungen kleine Pünktchen zeigen, hat schon Flögel (1870) hervorgehoben.

die richtige tiefe Einstellung bei 2560facher Vergrösserung. Hieraus folgt, dass der durchschnittliche Durchmesser der Waben 0,8—0,9 μ beträgt, wonach sich die Dicke der Wabenwände auf gewiss nicht mehr als ca 0,2 μ schätzen lässt. Fig. 4a zeigt die gleiche Stelle bei tieferer Einstellung, wo das Wabenwerk viel weiter erscheint, es ist dies das sogen. falsche Bild zweiter Tiefe, dessen ich oben schon genauer gedachte (p. 23—24), wo auch versucht wurde, seine Entstehung zu erklären. Fig. 4c schliesslich zeigt die hohe Einstellung, das hohe falsche Netzbild; obgleich dies hier nicht sehr charakteristisch ist, lässt sich doch der feinere Charakter desselben gegenüber dem richtigen Bild genügend erkennen.

Eine weitere Eigenthümlichkeit des durch Wassergerinnung erhaltenen Collodiumschaums ist die scharfe Ausprägung der schon mehrfach hervorgehobenen Thatsache, dass die Schaumstruktur gegen den Rand der Lamellen immer feiner wird und schliesslich, allmählich erlöschend, in einen homogen erscheinenden, breiteren oder schmäleren Randsaum übergeht. Schon bei den Gummischäumen wurde diese Erscheinung zu erklären versucht. Die Collodiumschäume, welche sich beim Austrocknen so leicht mit Gas füllen, bieten jedoch Gelegenheit, sich davon zu überzeugen, dass der homogen erscheinende Randsaum bei Untersuchung der Schaumlamellen in Wasser bedeutend breiter erscheint, als nach Austrocknung und Gaserfüllung. Hieraus folgt, dass der in Wasser homogene Randsaum doch zu einem ansehnlichen Theil feinschaumig strukturirt ist, jedoch zu fein, um die Struktur bei dem geringeren Lichtbrechungsunterschied zwischen Wasser und Collodiumgerüst wahrzunehmen. Sie tritt aber deutlich hervor, wenn die Brechungsdifferenz durch Gaserfüllung stark vermehrt wird. Ob daraus nun geschlossen werden darf, dass die Struktur sich, unter steter Verfeinerung, noch durch den gesammten homogenen Randsaum fortsetzt, und hier, wegen ihrer Feinheit, selbst bei Gaserfüllung nicht wahrnehmbar ist, dürfte kaum sicher zu entscheiden sein. Das ganz allmähliche Auslaufen der Struktur, unter fortgesetzter Verfeinerung, scheint ja für eine solche Möglichkeit zu sprechen, um so mehr, als wir erfahren haben, dass auch schon einfaches Eintrocknen der Collodiumlösung zu schaumiger Erstarrung führt.

Da man wegen der häufigen Ablösung und Faltung der Collodiumhäute nicht selten ihren optischen Querschnitt beobachtet, so konnte dabei mehrfach die Existenz eines wohlausgebildeten Alveolarsaumes auf der ursprünglich freien Membranoberfläche nachgewiesen werden. Ferner trat auf dem Durchschnitt etwas dickerer Häute häufig eine streifig-schaumige Struktur hervor, mit senkrecht zur freien Oberfläche gerichteter Streifung. Dieselbe Erscheinung wurde auch bei löslicher Stärke beobachtet und soll dort etwas eingehender geschildert werden.

Fig. 16.

In Wasser erstarrte Membran von Collodium. Zerfallsprodukte in konzentrirter Schwefelsäure. Obj. 2. Oc. 12. Tief.

Wenn eine in Wasser geronnene Collodiummembran mit starker, jedoch nicht ganz konzentrirter Schwefelsäure behandelt wird, so löst sie sich ziemlich rasch auf, unter gleichzeitigem Zerfall des Wabenwerks in feine Fragmente. Letztere bestehen, wie nebenstehende Textfig. 16 zeigt, theils aus körnigen Stäbchen, die häufig noch seitliche Ausläufer haben, und schliesslich, bei weitgehendstem Zerfall, aus kleinen Körnchen. Die Verfolgung der Lösung und des Zerfalls ergiebt

deutlich, dass diese Körnchen nichts anderes sind als die Knotenpunkte des wabigen Gerüstwerkes, welche der Auflösung am längsten widerstehen. Auch diese Erfahrungen bestätigen daher die früher dargelegte Auffassung solcher Häute.

Bei Behandlung der Collodiummembranen nach dem von Baranetzky (1872) angegebenen Verfahren mit Eisenchlorür in der Wärme gelingt es leicht, sie zu denitriren, d. h. in Cellulose zurückzuverwandeln. Bedingung hierfür scheint mir zu sein, dass die Eisenchlorürlösung ziemlich viel freie Salzsäure enthält. Die denitrirten Membranen zeigen die Cellulosereaktion mit Jod und Schwefelsäure sehr gut und färben sich energisch mit Kongoroth oder Eisenhämatoxylin. Taf. 9 Fig. 8 zeigt das Bild einer denitrirten, mit Kongoroth gefärbten Membran (die in Wasser geronnen war), nach Einbettung in Damar bei 1730facher Vergrösserung. Es handelt sich um ein reines Farbenbild mit sehr deutlicher Ausprägung des wabigen Baues. Interessant ist, dass sich in den Knotenpunkten des Gerüstwerkes hie und da stärker gefärbte, granulaartige Einschlüsse finden, obgleich es sich doch um einen einheitlichen Körper handelt.

Schon Pfeffer hat (1892 p. 252, Anm.) darauf hingewiesen, dass in Wasser geronnene und denitrirte Collodiumhäute bei dem sog. Karbonisirungsverfahren ganz den gleichen Zerfall in feine Körnchen erfahren wie natürliche Cellulosemembranen, weshalb Wiesner's Ansicht über den Aufbau der natürlichen Membranen aus Dermatosomen unrichtig sei. Bei Anwendung des Karbonisirungsverfahrens auf denitrirte Membranen (24 h. in 2 % ClH bei 40°, darauf bei 65° getrocknet und in 10—15 % KHO untersucht) liessen sich durch Klopfen viele Stäbchen und Körnchen isoliren. Die Membran zerfiel in eine Menge kleiner Bruchstücke und diese schliesslich in feine Körnchen, welche jedenfalls im Allgemeinen den Knotenpunkten des Gerüstwerkes entsprechen (s. Taf. 9 Fig. 6 und Taf. 24 Fig. 7). Auch nach 4—6tägiger Behandlung mit 30 % Salzsäure oder nach 6tägiger mit Eau de Javelle und nachheriger intensiver Färbung mit Eisenhämatoxylin oder Kongoroth lässt sich der Zerfall durch Klopfen gut erzielen. Wie wir später, bei den natürlichen Cellulosemembranen sehen werden, liefern diese ganz übereinstimmende Ergebnisse bei entsprechender Behandlung. Auch in den Zerfallserscheinungen der denitrirten Membranen erblicken wir eine Folge und einen Beleg für den im Obigen geschilderten feinen Bau.

5. Gerinnungsschäume von Hühnereiweiss.

a) Gerinnung durch Hitze.

Die Untersuchung von Eiweiss, als der für Gerinnungsvorgänge sozusagen typischen Substanz, bot von vornherein besonderes Interesse. Meine Beobachtungen beschränkten sich vorerst auf Hühnereiweiss, das anfänglich einfach dem Ei entnommen, später jedoch und bei den meisten Versuchen zuerst gut geschlagen und darauf sorgfältig filtrirt wurde. Die Ergebnisse differirten in beiden Fällen nicht; doch ist man bei Verwendung der filtrirten Lösung ganz sicher, dass nicht eventuelle Gerinnsel oder dergleichen die Präparate unsicher machen, weshalb dies Verfahren vorzuziehen ist.

Eiweiss besitzt für die Untersuchungen über Gerinnung den wesentlichen Vorzug, dass die Umwandlung sich einfach durch Hitze herbeiführen lässt, ohne Einwirkung eines flüssigen Gerinnungsmittels. Die früher erwähnten Schwierigkeiten, welche mit der Gerinnung durch flüssige Mittel verbunden sind, fallen bei der Gerinnung durch Hitze weg und man kann ja leicht beliebig grosse Mengen Eiweisslösung auf diese Weise durch und durch zu gleichmässiger Gerinnung bringen.

Immerhin ist dies nicht so einfach, wie es scheint. Auf dem Objektträger oder Deckglas bietet es gewisse Schwierigkeiten, eine sehr dünne Schicht Eiweisslösung durch Hitze gleichmässig und gut gerinnen zu lassen. Das beste Verfahren scheint noch zu sein, das Deckglas oder den Objektträger mit der auf der Unterseite befindlichen Eiweissschicht über ein, in starkem Kochen befindliches Wasserbad zu halten; denn es muss dabei vermieden werden, dass die Eiweissschicht vor der Gerinnung eintrocknet, da trocknes Eiweiss überhaupt nicht gerinnt. Aber auch so ist eine gleichmässige schöne Gerinnung nicht zu erzielen; ebensowenig wie eine Eiweisslösung in einem offenen Gefäss so gleichmässig und schön gerinnt wie das in der Eischale eingeschlossene Eiweiss. Der Grund liegt wohl darin, dass sich in diesen Fällen bei der Erwärmung Luft- und auch Dampfblasen bilden, welche die Gleichmässigkeit der Gerinnung und der geronnenen Masse stören. Diese Uebelstände vermeidet man leicht, wenn man das Eiweiss in ganz dünner Lage zwischen Objektträger und Deckglas in Paraffinöl aufstellt und nun das Präparat auf dem Wasserbad bis zur völligen Gerinnung des Eiweisses erhitzt. Auf diese Weise erzielt man, wie gesagt, eine ganz gleichmässige feine Gerinnung. Handelt es sich um die Gerinnung grösserer Mengen, so muss man das Verfahren, wie es im Ei vorliegt, nachahmen: d. h. die Eiweisslösung in ein Rohr einschmelzen und dann gerinnen lassen, denn eine Bedeckung mit Paraffinöl genügt in diesem Fall nicht, wenigstens nicht, wenn man die Gerinnung in kochendem Wasser ausführt.

Auf die angegebene Weise gelingt es, sehr dünne zarte Lamellen von geronnenem Eiweiss herzustellen, die man entweder direkt in Paraffinöl oder, nach Abnehmen des Deckglases und Abwaschen mit Alkohol, in diesem oder in Wasser untersuchen kann, die sich aber auch mit Hämatoxylin oder Anilinfarben färben und zu Dauerpräparaten verarbeiten lassen.

Die Untersuchung solch' geronnener und womöglich dünnster Lamellen von Eiweiss ergiebt auf das Bestimmteste, dass es sich wiederum um einen äusserst feinen Gerinnungsschaum handelt, dessen Beschaffenheit in allen wesentlichen Punkten die der seither geschilderten ist. Auf Taf. 17 Fig. 1a—b habe ich das Bild einer in Paraffinöl geronnenen, äusserst dünnen Lamelle bei 2450 facher Vergrösserung wiedergegeben, einer Lamelle, die nach dem Ergebniss der Flächenuntersuchung nur eine einschichtige Wabenlage darstellt. An den dünn auslaufenden Rändern der Lamellen sind in der Regel solche Stellen zu finden. 1a giebt das richtige tiefe Bild bei möglichst sorgfältiger Einstellung, 1b dagegen das hohe falsche Netzbild, dessen engere Maschenbildung hier sehr auffallend hervortritt, ja so sehr, dass man fast vermuthen möchte, die Fig. 1a sei etwas zu tief eingestellt. Ich bemerke daher besonders, dass die Einstellungen mit ganz besonderer Sorgfalt ausgeführt wurden. Der mittlere Durchmesser der Waben auf Fig. 1a ergiebt sich fast genau so gross wie bei dem früher geschilderten Collodiumschaum zu ca.

0,8—0,9 μ und die Dicke der Wabenwände ist jedenfalls nicht stärker als 0,2 μ. In dem hohen falschen Netzbilde (Fig. 1b) kommen etwa 15 Maschen auf 9 des richtigen Bildes, ein Verhalten, welches auch der früher (p. 21) erörterten Beziehung beider Bilder ziemlich entspricht, wonach in dem falschen Netzbild doppelt soviel Maschen auf dieselbe Fläche kommen als in dem richtigen. Auf einer andern, bei 800 facher Vergrösserung aufgenommenen Photographie einer sehr dünnen, in Pikrinschwefelsäure geronnenen Eiweissschicht ergiebt sich ein durchschnittlicher Durchmesser der Waben von 0,8 μ. Dagegen ist der Wabendurchmesser einer bei 2560-facher Vergrösserung aufgenommenen, sehr feinwabigen Stelle einer Schicht, die zwischen Objektträger und Deckglas (ohne Paraffinöl) durch Hitze geronnen war, entschieden noch geringer, er betrug durchschnittlich nur 0,5—0,6 μ. Doch ist in diesem Fall nicht ganz so sicher wie bei Fig. 1a, dass eine einwabige Schicht vorlag, und da nur diese das Wabenbild ganz rein, ohne Beimischung der hohen Elemente tiefer liegender Schichten zeigt, so lege ich auf letztere Messung keinen erheblichen Werth, obgleich es sicher ist, dass in diesem Falle die Wabengrösse geringer war, wie in den ersterwähnten.

Die vorzügliche feine Schaumstruktur des in der Hitze geronnenen Eiweisses, welche auf Figur 1a nach einem direkt in Paraffinöl untersuchten Präparat wiedergegeben ist, zeigt sich ebenso schön und sicher, wenn man die so hergestellten Präparate in Alkohol oder Wasser überführt; auch die gefärbten und darauf in Kanada oder Damar aufgestellten Präparate ergeben das gleiche Bild. Dabei tritt, wie von vornherein anzunehmen, deutlich hervor, dass sich allein das Gerüst färbt, der Wabeninhalt dagegen nicht.

Wie zu erwarten, kann man häufig an den Rändern der in Paraffinöl geronnenen, etwas dickeren Eiweissschichten den Alveolarsaum gut beobachten. Fig. 8 Taf. 17 zeigt eine solche Stelle recht schön. Man bemerkt den, aus radiär zur Oberfläche geordneten Waben bestehenden Saum klar, ja man erkennt, trotz der Kleinheit der Verhältnisse, stellenweise genügend, dass die einzelnen Waben des Saumes sich über die Randgrenze etwas konvex vorwölben, wie dies theoretisch sein muss und wie es auch die gröberen typischen Oelseifenschäume deutlich zeigen. Eine gute Aufnahme eines solchen Alveolarsaumes gehört nach meinen Erfahrungen zu den schwierigsten Aufgaben der Mikrophotographie. Die Schwierigkeit beruht wohl hauptsächlich auf der richtigen Einstellung und Beleuchtung. Denn es ist meist sehr schwierig, die an solchen Rändern auftretenden Diffraktionssäume zu vermeiden und sich davon nicht täuschen zu lassen. — Da jedoch die Untersuchung in Paraffinöl wie in Wasser ganz dieselben Bilder ergiebt und weil das richtige Bild des Saumes auch bei weit geöffneter Blende deutlich bleibt, wobei Diffraktionssäume verschwinden, weil ferner, wie die Photographie Fig. 8 sehr gut zeigt, der Aufbau des Saumes aus einzelnen Waben klar zu sehen ist und bei hoher Einstellung jede der Saumwaben in einen dunkeln Punkt übergeht, so kann kein Zweifel über die Realität des Saumes bestehen, der als Beweis für die Schaumnatur von grosser Wichtigkeit ist. Die Dicke des Saumes berechnet sich nach der Photographie Fig. 8 (Taf. 17, Vergr. 2450) auf nicht mehr wie 0,4 μ, während ich die durchschnittliche Breite der Waben in der tiefer liegenden Substanz auf ca. 0,6 μ berechne.

Bei tieferer oder höherer Einstellung bemerkt man an den Rändern manchmal anscheinend mehrere solche Alveolarsäume übereinander. Ueber diese Erscheinung bin ich nicht ganz ins Klare gekommen. Eine Bildung dieser Art wäre ja nicht ganz unverständlich; da sie jedoch, wie gesagt, bei ganz scharfer Einstellung auf den mittleren Durchschnitt des Randes nie hervortrat, sondern vornehmlich bei etwas zu tiefer, so vermuthe ich, dass sie keine Realität besitzt, sondern durch Diffraktionslinien hervorgerufen wurde.

Wie zu erwarten, tritt der Alveolarsaum ebenso deutlich auch um Luftblasen oder Paraffinöltröpfchen, welche durch Zufall in das Eiweiss eingeschlossen wurden, hervor. Photographie Fig. 2 Taf. 17 zeigt einen solchen Tropfen von Paraffinöl in dem geronnenen Eiweiss und wenigstens an dessen unteren linken Rand ganz deutlich den Alveolarsaum, während der übrige Theil des Randes nicht hinreichend scharf eingestellt ist. Am sichersten überzeugt man sich von der Realität des Alveolarsaumes bei Untersuchung recht kleiner Luftbläschen, wo man am besten Gelegenheit hat, das hohe Bild der Waben des Alveolarsaums zu beobachten.

Recht häufig begegnet man faserig-streifigen Partien im Eiweissschaum, ja man sieht manchmal die äussere, an das Paraffinöl angrenzende Partie bis zu ziemlicher Tiefe unter den Rand strahlig-schaumig.

Ganz besonders schöne Strahlungen bilden sich jedoch in durch Hitze geronnenem Eiweiss häufig, ja fast regelmässig, um eingeschlossene Luftbläschen aus. Die Strahlung ist stets auf die Luftbläschen radiär centrirt und dehnt sich nicht selten ziemlich weit in das umgebende Eiweiss aus. Da ich eine besonders ausgezeichnete Photographie dieser Erscheinung nicht besitze, obgleich eine ganze Anzahl, welche sie genügend zeigen, und da andererseits die Menge der wiederzugebenden Figuren recht gross ist, habe ich keine Photographie dieser Eiweissstrahlung aufgenommen. Ich kann jedoch auf die Figuren 9 Taf. 1 und 4 Taf. 17 von Gelatine verweisen, welche ganz dasselbe zeigen, was an günstigen Eiweisspräparaten in dieser Hinsicht zu sehen ist. Wie bei der Gelatine später genauer auseinanderzusetzen sein wird, rührt die Radiärstrahlung oder Sonnenbildung um die Luftblasen zweifellos daher, dass die, bei der Gerinnung in Hitze ausgedehnten Luftblasen sich zusammenziehen, resp. auch theilweise absorbirt werden, wobei der umgebende geronnene Eiweissschaum gegen das Centrum der Luftblase zusammengezogen und damit strahlig umgestaltet wird. Dabei zeigt sich ferner, dass zwei Luftbläschen, die in geringer Entfernung von einander liegen, sich gegenseitig modifiziren, indem sie auf einander Zugwirkungen ausüben. Einmal wird hierdurch bewirkt, dass die Luftbläschen eine mehr oder weniger thränenförmige Gestalt annehmen, und ferner tritt zwischen beiden eine spindelförmige Strahlung des feinen Wabengerüstes zuweilen recht kenntlich hervor. Da diese Erscheinungen bei geronnener Gelatine klarer und schöner zu beobachten waren, so sollen sie in dem betreffenden Abschnitt eingehender behandelt werden.

Aehnliche, wenn auch keineswegs so ausgezeichnete Radiärstrahlung wie um Luftbläschen liessen sich auch um Körnchen von gebranntem Gyps (gebranntem Alabaster), welche dem Eiweiss vor der Gerinnung beigemischt worden waren, nachweisen; da derartige und ähnliche Versuche bei der Gelatine gleichfalls besser gelangen, so sollen sie dort genauer besprochen werden.

In gewisser Hinsicht erscheint es von Interesse, dass die geschilderten, in geronnenem Eiweiss eingeschlossenen Luftbläschen den Hohlraum in der Eiweisssubstanz in der Regel nicht völlig ausfüllen, vielmehr liegen sie als mehr oder weniger unregelmässige, nicht kugelige Gebilde, in einer kugeligen, von ganz heller, stärker brechender Substanz erfüllten Höhle, ohne sich jedoch darin zu bewegen. Dieselbe Erscheinung wurde auch an den in Gelatineölemulsion eingeschlossenen Luftblasen häufig beobachtet und unterliegt auch sicher der gleichen Erklärung; d. h. die Luft wird allmählich von der wässerigen Flüssigkeit des Wabeninhalts des geronnenen Eiweisses absorbirt und an ihre Stelle tritt aus der umgebenden Eiweisssubstanz ausgepresste Wabenflüssigkeit. Natürlich kann die hervorgehobene Erscheinung z. Th. auch darauf beruhen, dass die Festigkeit der umgebenden geronnenen Eiweisssubstanz zu bedeutend wird, während die durch Wärme ausgedehnte Luftblase sich noch zusammenzieht, weshalb die Luftblase die von ihr erzeugte Höhle in dem Eiweiss nicht mehr völlig ausfüllt und theilweise durch die ausgepresste Wabenflüssigkeit ersetzt wird. Dass jedoch Absorption der Luft durch die Wabenflüssigkeit auch hier eine wichtige Rolle spielt und, wie ich vermuthe, die vorwiegende Ursache der Erscheinung ist, schliesse ich daraus, dass man häufig ganz entsprechende kugelige Räume in dem Eiweiss trifft, die keine Spur von Luft mehr enthalten, sondern nur Wabenflüssigkeit. Dieser Fall kann nur durch völlige Absorption und Ersetzung der ursprünglichen Luftblase durch Wabenflüssigkeit erklärt werden. Dass dem so sein wird und dass die Substanz, welche an Stelle der Luft, tritt wirklich eine tropfbare Flüssigkeit ist, folgt aus nachstehender Erfahrung. Uebt man mit der Nadel einen Druck auf das Deckglas über der Luftblase aus, so sieht man zunächst, dass diese sich in ihrer, von Flüssigkeit z. Th. erfüllten Höhle völlig kugelig abrundet und ferner, dass sich ihr Umfang in dem Maasse, als der Druck gesteigert wird, verkleinert. Das erstere erklärt sich wohl daraus, dass sich die Blase unter der Wirkung des Druckes von der Wand der Höhle, der sie hier und da adhärirte, worauf die unregelmässige Form beruht, ablöst und sich nun in ihrer flüssigen Umgebung kugelig abrundet. Dagegen rührt die Verkleinerung bei steigendem Druck davon her, dass die Luftblase unter starkem Druck komprimirt wird, was jedenfalls beweist, dass sie sich in einer Flüssigkeit befindet. Bei dem Aufhören des Druckes dehnt sie sich wieder aus, behält nun aber ihre kugelige Gestalt bei. — Einmal wurde jedoch sicher beobachtet, dass eine kleine Luftblase unter der Druckwirkung sich fortgesetzt verkleinerte und schliesslich völlig verschwand, d. h. jedenfalls gänzlich absorbirt wurde.

Aus diesen Erfahrungen scheint mir sicher zu folgen, dass die Luftblasen wirklich von der Wabenflüssigkeit absorbirt werden können und dass die sie ersetzende Substanz eine wässerige Flüssigkeit ist, welche den Wabeninhalt des geronnenen Eiweisses bildet.

Für das Letztere sprechen nun auch die Erfahrungen über das Verhalten des geronnenen Eiweisses beim Trocknen, worüber ich schon 1896 (p. 7—8) genauer berichtete, soweit es sich um die makroskopischen Erscheinungen handelt. Daraus geht hervor, dass grössere Stücke geronnenen Eiweisses beim Eintrocknen völlig glasig durchsichtig werden, d. h. ganz das Aussehen des aus der Lösung getrockneten Eiweisses erhalten, mit dem Unterschied jedoch, dass die getrockneten Stücke

geronnenen Eiweisses keine Neigung zum Zerspringen besitzen, während das eingetrocknete lösliche ungemein zerspringt. In der erwähnten Schrift habe ich ausführlicher dargelegt, wie durch Behandlung des geronnenen Eiweisses mit Alkohol, darauf folgende Ueberführung in Chloroform, Terpentinöl oder noch besser Xylol und Austrocknung im Vakuum die Eiweissstücke in getrocknetem Zustand ganz lufthaltig und daher kreideweiss werden. Spätere Versuche ergaben dann noch, dass sich namentlich die direkte Behandlung mit Aether für die Erhärtung und Gaserfüllung des geronnenen Eiweisses und sonstiger quellbarer Körper eignet. — Würfel von geronnenem Eiweiss, deren Kantenlänge 8 mm betrug, wurden direkt in ein mit Aether gefülltes Glas gebracht, auf dessen Boden wasserfreies schwefelsaures Kupferoxyd oder wasserfreier gebrannter Kalk sich befanden. Der Aether entzieht auf diese Weise den Würfeln allmählich das Wasser, sie werden ganz hart. Nach 5tägiger Behandlung waren die Würfel ziemlich stark geschrumpft, die Kantenlänge betrug nun 4 mm. Wurde ein solcher Würfel jetzt unter der Luftpumpe getrocknet, so schrumpfte er noch ziemlich beträchtlich, indem er die eigenthümliche Gestalt annahm, die ich 1896 p. 6 für die eingetrockneten Gelatinewürfel geschildert habe. Er blieb jedoch durch und durch kreideweiss, war aber sehr zerbrechlich. — Auch die einfache Trocknung an der Luft oder im Wärmeschrank ergab nach hinreichend langer Behandlung mit Aether völlige Lufterfüllung.

Diese Ergebnisse werden von der genaueren mikroskopischen Verfolgung durchaus bestätigt, indem man dünne, auf Deckglas oder Objektträger in der oben angegebenen Weise hergestellte Schichten geronnenen Eiweisses der gleichen Behandlung unterwirft.

Eine dünne, an freier Luft getrocknete Schicht wird, wie schon angegeben, ganz hyalin und durchsichtig. An dickeren Stellen ist von Struktur überhaupt nichts mehr sichtbar oder doch nur ganz schwache Andeutungen; an sehr dünnen Stellen dagegen bleibt die Struktur äusserst blass kenntlich. Letzteres ist namentlich an den ganz dünnen Häutchen, die eingeschlossene Luftbläschen überdecken, zu beobachten; die Strahlungserscheinungen um Luftblasen sind völlig verschwunden. — Fortgesetztes Austrocknen über Schwefelsäure bei 54° C. im Wärmeschrank liess die Reste von Strukturandeutungen noch weiter schwinden. Dabei trat jedoch starkes Zerspringen der Eiweissschicht ein. Die früher erwähnten grösseren, auf ehemalige Luftblasen zurückzuführenden Räume waren jetzt sämmtlich mit Gas gefüllt.

Wurde die dünne Schicht des geronnenen Eiweisses jedoch zuvor einige Zeit mit absolutem Alkohol behandelt, so trat beim Eintrocknen an der Luft wenigstens stellenweise Gaserfüllung ein und damit kreideweisse Färbung. — An diesen gashaltigen Partien konnte man sich auch vielfach überzeugen, dass häufig ganz isolirte gashaltige Waben durch die glasartig homogene, nicht gashaltige Eiweissmasse zerstreut sind, wie es schon oben für Gummi geschildert wurde. Viel besser gelingt natürlich die Gaserfüllung, wenn die Austrocknung im Vakuum vorgenommen und zuvor in Aether oder Xylol übergeführt wird; dann erhält man bei richtigem Verfahren völlig gaserfüllte kreideweisse Eiweissschichten. Die Struktur tritt bei mikroskopischer Untersuchung dünner Lagen natürlich sehr scharf und charakteristisch hervor, wie die Photographie Fig. 7 auf Taf. XVII gut zeigt (Vergr. 2450). Ganz besonders schön gelang die Gaserfüllung bei sehr dünn aufgestrichenem Eiweiss-

glycerin (Gemisch von ein Theil Hühnereiweiss und ein Theil Glycerin), das nach einiger Trocknung in Alkohol geronnen und darauf in Xylol übergeführt worden war. Auch die Trocknung an freier Luft führte hier zu vorzüglichen Präparaten.

Wie ich schon in meinen älteren Mittheilungen darlegte, nimmt das durch Trocknen glasig gewordene, geronnene Eiweiss beim Wiederaufquellen die frühere undurchsichtig weisse Beschaffenheit wieder an, wodurch von neuem erwiesen wird, dass dieselbe auf dem Aufbau des wasserhaltigen geronnenen Eiweisses aus zwei verschieden brechbaren Substanzen, d. h. dem festen Eiweissgerüst und dessen wässerigem Inhalt, beruht. Beim Wiederaufquellen solchen Eiweisses treten daher auch alle früher beschriebenen, zuvor geschwundenen oder doch sehr undeutlich gewordenen Strukturen wieder klar und scharf hervor. Die Austrocknung und Wiederhervorrufung der Struktur durch Aufquellen lässt sich, wie zu erwarten, beliebig oft wiederholen. Beim Aufquellen füllen sich die zuvor zusammengefallenen Wabenräume wieder mit Wasser an, und die Struktur tritt dann so deutlich hervor wie ehemals.

Wenn auf diese Weise der Beweis sicher erbracht scheint, dass der Inhalt der Wabenräume eine wässerige Flüssigkeit ist, so lässt sich dies noch dadurch weiter sichern, dass man auf geeignete Weise einen beträchtlichen Theil der Flüssigkeit aus dem Eiweiss auspressen kann. Zu diesem Zweck ist nur nöthig, das Eiweiss in einer kleinen Thonzelle zur Gerinnung zu bringen und diese hierauf in geeigneter Weise vor der Wasserluftpumpe abzusaugen. Aus ca. 5,5 ccm gewöhnlichen, filtrirtem und darauf in der Thonzelle geronnenen Hühnereiweiss gelang es auf die beschriebene Weise in $8^1/_2$ Stunden 2,1526 gr Flüssigkeit abzusaugen, die beim Verdampfen 0,0380 Rückstand ergab. Eine ähnlich behandelte 5 % Lösung von getrocknetem Hühnereiweiss ergab nach mehrstündigem Absaugen 1,389 Flüssigkeit mit 0,0187 Rückstand. Der bei 110° getrocknete Rückstand war in Wasser grossentheils unlöslich und zeigte bei mikroskopischer Betrachtung die Struktur des geronnenen Eiweisses. Es unterliegt, nach den entsprechenden Erfahrungen mit Gelatine und sonstigen Gallerten, keinem Zweifel, dass er aus Eiweiss besteht. Prozentisch betrug er in dem ersten Fall 1,76 %, in dem zweiten 1,35 % der abgesaugten Flüssigkeit.

b) Gerinnung durch flüssige Mittel.

Es war natürlich von Interesse auch die in der histologischen Technik üblichen Gerinnungsmittel in ihrer Einwirkung auf filtrirtes Hühnereiweiss zu untersuchen. Als vortrefflich geeignet zur Gerinnung erwies sich namentlich Pikrinschwefelsäure und noch besser Chromessigsäure. Bei dieser Gelegenheit prüfte ich jedoch noch einige weitere Konservirungsflüssigkeiten in der Weise, dass auf dem Objektträger oder im Uhrglas, resp. auch im Reagenzröhrchen eine kleine Menge Eiweiss mit den betreffenden Flüssigkeiten behandelt wurde. Dabei ergab sich folgendes:

1 % Ueberosmiumsäure ruft gar keine Gerinnung hervor; selbst bei der Vermischung mit viel Säure tritt nach Tagen kein Gerinnsel auf. Jedoch beginnt die Flüssigkeit bald sich zu bräunen und wird nach einigen Tagen tief nussbraun[1]).

[1]) Dass einige Eiweisskörper, wie Alkalialbuminat, aschenfreies Hühnereiweiss, Casein und Conglutin von Ueberosmiumsäure nicht gefällt werden, hat 1894 auch Alfr. Fischer gefunden. Derselbe

5 % einfach chromsaures Ammoniak giebt ebenso keine Gerinnung.

3 % doppelchromsaures Kali giebt schlechte Gerinnung, ein zusammenhängendes Präparat auf dem Deckglas liess sich nicht erzielen.

Müller'sche Flüssigkeit giebt gleichfalls sehr mässige Gerinnung, so dass die Herstellung eines Präparates auf dem Deckglas unmöglich ist.

Konzentrirte Sublimatlösung wirkt ziemlich gut; die Gerinnung einer Eiweissschicht auf dem Deckglas gelingt jedoch nicht so gut wie mit 50 % Alkohol.

25 % Alkohol ruft fast gar keine Gerinnung hervor, nur schwache weissliche Trübung. Zusatz von Jod macht ihn nicht wirksamer.

50 % Alkohol dagegen wirkt schon sehr gut. Wenn die Eiweissschicht auf dem Deckglas sehr dünn aufgestrichen ist, erfolgt die zusammenhängende Gerinnung recht schön. Jod erhöht die Wirksamkeit nicht.

Aus obiger Zusammenstellung, deren genauere und sorgfältigere Durcharbeitung erwünscht wäre, ergiebt sich jedenfalls, dass eine Anzahl der vorzüglichsten Konservirungsmittel der histologischen Technik gar keine oder doch sehr mangelhafte Gerinnung bewirken.

Wie gesagt, bewährten sich zur Eiweissgerinnung namentlich Pikrinschwefel- und Chromessigsäure. Die letztere zwar scheint noch besser zu sein, da ich bei einer Wiederholung der früher mit Pikrinschwefelsäure angestellten Versuche nur mangelhafte Resultate erzielte, während Chromessigsäure, die dann versucht wurde, zum Ziel führte. Es scheint mir daher auch, dass das Eiweiss verschiedener Eier nicht gleich gut gerinnt. Die Gerinnung einer dünnen Schicht auf dem Deckglas erfolgt in Pikrinschwefelsäure recht gut und giebt einen Gerinnungsschaum, der in jeder Beziehung denjenigen entspricht, die durch Hitze dargestellt und schon eingehend besprochen wurden. Natürlich lassen sich auch gefärbte Dauerpräparate solcher Gerinnungsschäume leicht herstellen.

Die Gerinnung durch Pikrinschwefelsäure schien mir auch geeignet zur Herstellung feiner geronnener Eiweissfäden, deren Beschaffenheit zu studiren nicht unwichtig war. Bei den ersten Versuchen, welche im Jahre 1896 vorgenommen wurden, gelang es auch sehr wohl, solche Fäden durch energisches Einspritzen von Eiweiss, das in einem Haarpinsel aufgenommen war, in die Säure zu erhalten. Am geeignetsten war es, den Pinsel mit dem Eiweiss nahe der Oberfläche der in einem Schälchen befindlichen Säure zu halten und ihm dann mit einem Finger der anderen Hand einen kräftigen Schlag zu ertheilen. Die in rascher Bewegung in die Säure eingetriebenen kleinen Eiweisströpfchen ziehen sich dann zu feinen oder gröberen Fädchen aus, während sie gerinnen. Die genauere mikroskopische Untersuchung dieser Fäden ergab, dass die feinsten durch und durch gut geronnen waren und zwar schön längsfaserig-wabig, mit deutlichem Alveolarsaum. Die zarte längsfaserige Struktur erinnerte ungemein an das Strukturbild der Achsencylinder, wie ich es 1892 (s. p. 96 ff.) eingehender geschildert habe; ich zweifle auch nicht, dass die beiderlei Strukturen im Wesentlichen ganz identisch sind. Die Photographie Taf. 17 Fig. 9 zeigt einen ähnlichen Faden bei 1730facher Vergrösserung und lässt deutlich erkennen, dass es sich wirklich um eine faserig-wabige Struktur handelt.

---

konnte bei diesen Körpern auch durch Kaliumbichromat und das Altmann'sche Gemisch (1 % Ueberosmiumsäure, 2,5 % Kaliumbichromat) keine Niederschläge hervorrufen (p. 679).

Die gröberen Fäden dagegen sind nie in ihrer ganzen Dicke gut geronnen, sondern hohl, indem ihr Inneres von Gerinnsel erfüllt wird, wie sich denn auch auf der äusseren Oberfläche gewöhnlich ein solches, mehr oder weniger dick, auflagert. Schon früher (p. 43—44) wurde der Vorgang, welcher bei der Gerinnung dickerer Massen zum Entstehen dieser Verhältnisse führt, eingehender besprochen. Auch zweifle ich nicht, dass manche der feinen Fäden nur zerrissene Mantelhüllen solch' dickerer waren. Aus demselben Hühnereiweiss, das mit Pikrinschwefelsäure die oben geschilderten Fäden geliefert hatte, liessen sich auch durch Einspritzen in heisses Wasser ganz ähnliche, jedoch nicht so gute Fäden erhalten.

Die spätere Wiederholung der Versuche mit anderem Hühnereiweiss glückte dagegen weder mit Pikrinschwefelsäure noch mit heissem Wasser oder heissem Paraffinöl, jedoch sehr gut mit gewöhnlicher Chromessigsäure, der noch etwas Essigsäure zugesetzt war. Die erhaltenen, schön längsfaserigen Fäden, die auf Fig. 9 Taf. 17 photographirt sind, waren stets etwas abgeplattet, was ja auch schon an den entsprechend strukturirten Gummifäden beobachtet wurde. Es mag das, wie schon oben bemerkt, vielleicht davon herrühren, dass die feinen Fäden z. Th. nur längszerrissene Mantelhüllen ursprünglich dickerer Fäden sind.

Polarisation und Quellungsverhältnisse der Eiweissfäden wurden nicht untersucht.

6. Lösliche, sogen. Zulkowski'sche Stärke.

(Bezogen von Kahlbaum in Berlin.)

Dieses Präparat, welches unter Alkohol in Form einer weissen Masse versendet wird, löst sich in Wasser leicht und in grossen Mengen. Ueber die Bereitungsweise wird später, im Abschnitt über die Stärke, das Nöthige mitgetheilt werden. Wie Gummilösungen gerinnt die konzentrirte wässerige Lösung dieser Stärke in absolutem Alkohol sehr gut und liefert auch ganz ähnliche Präparate. Wird eine nicht allzu konzentrirte Lösung auf das Deckglas gestrichen, durch Verdunstung etwas eingedickt und hierauf in absoluten Alkohol gebracht, so fliesst stets ziemlich viel der Lösung ab und auf dem Deckglas bleibt ein recht interessant geformtes plasmodienartiges Netzwerk fein geronnener Stärke zurück, das aus breiteren und feineren anastomosirenden Strängen besteht, die, wie gesagt, nicht nur in ihrer Anordnung, sondern auch in ihrem Bau lebhaft an ein präparirtes Plasmodium erinnern. Fig. 9 Taf. 24 zeigt eine kleine Partie eines solchen Netzwerkes. Die Struktur der Stränge ist durchaus schaumig und zwar meist eine sehr feine. Stellenweise tritt ein längsfaserig-wabiger Bau deutlich hervor und an den Rändern ist der Alveolarsaum meist besonders schön zu sehen (s. d. Fig.). In den Lückenräumen des plasmodienartigen Netzwerkes findet man eine grosse Menge von festen Stärketröpfchen, welche sich bei der Gerinnung abgelöst haben, hier und da auch unregelmässige derartige Partien. Die grösseren Tröpfchen sind stets schön schaumig strukturirt und besitzen einen besonders gut entwickelten Alveolarsaum der Oberfläche, welcher mit dem der früher (1892) geschilderten Oelseifenschäume konkurriren kann. Fig. 10 Taf. 2, obgleich sehr wenig gelungen, giebt doch wohl eine Vorstellung davon. Zuweilen bemerkte ich an diesen wabigen Stärkekügelchen eine Andeutung konzen-

trischer Schichtung so bestimmt, namentlich auch bei weit geöffneter Blende, dass ich nicht bezweifle, dass wirklich eine konzentrische Schichtung des Wabenwerks vorlag, nicht etwa eine Täuschung durch Diffraktionssäume, wie sie bei stärker lichtbrechenden Tropfen, ohne genügende Vorsicht, wohl vorkommen kann (s. ob. p. 14).

Wie bemerkt, sinkt die Grösse dieser Tröpfchen bis zu auffallender Kleinheit herab; die kleinsten erscheinen wie jene minutiösen Globuliten, welche von den Krystallographen beim Eintrocknen der Lösung zahlreicher krystallinischer Stoffe so häufig beobachtet wurden. An diesen kleinsten Stärkekügelchen lässt sich von wabiger Struktur nichts mehr sehen; es könnte sich auch nur um das Vorhandensein einer einzigen Wabe handeln, also um ein hohles Kügelchen. So weit ich mich aber überzeugen konnte, finde ich keinen Anhalt, die meisten der feinen Globuliten für hohl zu halten, obgleich ich nicht zweifle, dass sich darunter auch solche finden. Diese Stärkeglobuliten liegen theils ganz isolirt nebeneinander, theils sind sie mehr oder weniger zusammengeflossen. Nebenstehende Textfig. 17 giebt ein Beispiel solcher z. Th. vereinigter Globuliten. Ich bemerke dazu, dass ich mich gerade an den hier abgebildeten bestimmt überzeugte, dass es sich wirklich um Zusammenfluss handelt, nicht etwa um eine Täuschung durch die Diffraktionssäume des tiefen Netzbildes, welche diese Globuliten bei nahem Zusammenliegen natürlich auch zeigen. Aufschluss gewährt ja in dieser Hinsicht die Untersuchung mit weit geöffneter Blende, wobei die Verbindungsbrücken, wenn sie wirklich vorhanden sind, deutlicher erhalten bleiben müssen. Durch den theilweisen Zusammenfluss solcher Globuliten entstehen daher auch äusserst feine schwammige Strukturen, deren Unterscheidung von Schaumstrukturen sehr schwierig ist, wie später noch eingehender erörtert werden soll.

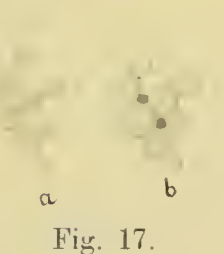


Fig. 17.

Stärkeglobuliten, theilweise verschmolzen. Obj. 2. Oc. 12. Blende ziemlich weit. a tiefe Einstellung, b hoch.

Nimmt man konzentrirtere Stärkelösung, so bleibt die Bildung der plasmodienartigen Netze aus, da sie nun als gleichmässig zusammenhängende Schicht gerinnt. In beiden Fällen hat man jedoch Gelegenheit, hie und da auch gröber strukturirte Schaumpartien zu beobachten, was wiederum die Erkennung der Struktur, als eine wirklich schaumige, sehr erleichtert.

Interessant sind die ersterwähnten Gerinnungsprodukte noch deshalb, weil man häufig neben einander echten Schaum und eine dichte Lage der erwähnten Globuliten beobachtet und so bei verschiedenen Einstellungen die abwechselnden wahren und falschen Bilder dieser, sich umgekehrt verhaltenden Strukturen neben einander wahrnehmen kann. — Wie bei den früher geschilderten Gerinnungsschäumen tritt auch an denen der Stärke die stete Verfeinerung der Struktur gegen die Ränder klar hervor.

Hinsichtlich der Schaumstruktur scheint noch erwähnenswerth, dass die Knotenpunkte bald sehr fein, bald verhältnissmässig recht grob hervortreten. Letzteres zeigt auch die Photographie Fig. 10 Taf. 17 eines solchen Schaumes; es kann keinem Zweifel unterliegen, dass in diesem Fall die Knotenpunkte wirklich etwas kugelig angeschwollen sind.

Bei der Gerinnung nicht sehr konzentrirter Stärkelösung auf dem Deckglas oder Objektträger erhält man nicht selten auch dickere Häute, deren Durchschnitts-

bild einiges Interesse bietet. Wie nebenstehende Textfig. 18 zeigt, bemerkt man einmal auf der freien Fläche einen sehr wohl ausgebildeten Alveolarsaum mit äusserer, ziemlich starker, pellikula-artiger Grenzmembran; darauf folgt eine Zone von deutlich faserig-wabigem Bau mit senkrecht zur Fläche der Membran gerichteter Faserung und endlich die übrige Masse, welche unregelmässig wabig erscheint, mit gröberen, netzigen Zügen.



Fig. 18.
Membran von geronnener Stärke. Obj. 2. Oc. 12. Optischer Durchschnitt.

Beim Austrocknen aus Alkohol verhält sich die geronnene schaumige Stärke ähnlich wie die seither beschriebenen Körper, sie wird nämlich dabei mehr oder weniger gashaltig, so dass weisse Stellen entstehen. Um gute Gaserfüllung hervorzurufen, ist jedoch meist nöthig, rasch auf dem Wasserbad einzutrocknen, damit die Stärke nicht Gelegenheit findet, Wasser anzuziehen. Aehnlich wie bei eingetrocknetem Gummischaum erhält man Stellen, wo die Struktur ganz geschwunden ist, was, wie ich vermuthe, auch hier hauptsächlich darauf beruht, dass sie beim Eintrocknen zum Verschwinden gebracht wurde durch Wasseranziehung und vorübergehende Auflösung der Stärke. An anderen Stellen bleibt die Struktur ähnlich wie zuvor oder etwas blässer erhalten, häufig jedoch schon untermischt mit einzelnen oder Gruppen gaserfüllter und daher dunkler Waben, während endlich an anderen Stellen völlige Gaserfüllung eingetreten ist.

Besonderes Interesse verdienen die oben beschriebenen wabigen Kügelchen geronnener Stärke. Beim Eintrocknen aus Alkohol unter dem Deckglas wird ihre Struktur undeutlicher und ist schliesslich nicht mehr sichtbar; doch erhält sich manchmal eine Andeutung der konzentrischen Schichtung, von welcher oben die Rede war. Betrachtete man nun die Körner, welche an der Unterseite des Deckglases befestigt waren, zwischen gekreuzten Nicols im polarisirten Licht, so zeigten sie sämmtlich ein sehr schönes Kreuz und gleichzeitig hübsche konzentrische Ringe (siehe nebenstehende Textfig. 19). Bei Einschaltung des Gypsplättchens I. Ordnung ergaben sie vorzügliche Farben in gleicher Vertheilung wie ein gewöhnliches Stärkekorn. In nicht ausgetrocknetem Zustand in Alkohol untersucht, erscheinen die wabigen Kugeln wie der übrige Stärkeschaum unter gekreuzten Nicols hell depolarisirend, jedoch ohne Kreuz oder doch nur mit ganz geringer Andeutung eines solchen. Schon bei schwachem Eintrocknen, bevor noch die wabige Struktur ganz geschwunden war, trat das Kreuz deutlich hervor.



Fig. 19.
Obj. 2. Oc. 12.

Meine Hoffnung, auf diese Weise Stärkekörner erzielt zu haben, welche sich optisch wie die gewöhnlichen verhalten, hat sich bei weiterer Verfolgung des Gegenstandes nicht bestätigt; denn als die ausgetrockneten Körner in Damarlack übergeführt wurden, schwanden die Polarisation und das Farbenbild völlig, ein Beweis, dass sie nicht auf den gleichen Bedingungen wie bei gewöhnlichen Stärkekörnern beruhen, sondern von Oberflächenpolarisation herrühren müssen. Auffallend ist noch Folgendes. Wie gesagt, waren die untersuchten Körner an der Unterseite des Deckglases befestigt; wurde letzteres umgekehrt, so dass die Körner von der anderen Seite betrachtet wurden, so waren sowohl das Kreuz wie die Farben viel schwächer zu sehen, doch

schien die Vertheilung der Farben die gleiche wie früher zu sein; ganz sicher konnte dies jedoch bei der Schwäche der Farben nicht festgestellt werden.

Wird die geronnene Stärke mit 45 bis 50 % Alkohol behandelt, so treten im Allgemeinen dieselben Erscheinungen auf, welche schon bei der β-Gelatine besprochen wurden (s. p. 55). Unter Verflüssigung des Schaumes findet allmählich Entschaumung statt, indem die Bläschen theils zu gröberen zusammenplatzen, theils aufgezehrt werden, oder sich auch nach aussen entleeren. Der Verlauf der Entschaumung liefert auch hier den sicheren Beweis, dass es sich thatsächlich um einen geronnenen Schaum handelt. Dabei tritt auch Ablösung verflüssigter Stärketröpfchen auf, welche im Alkohol umhertreiben.

Die Lösung der Zulkowski'schen Stärke trocknet sehr langsam und schwierig ein. Beim Eintrocknen an freier Luft erhält man eine schleimige, weisslich-trübe, kleisterartige Masse, die sich auch nach mehrstündigem Erhitzen auf 100° noch wasserhaltig und klebrig erweist. Nach mehrtägigem Trocknen über konzentrirter Schwefelsäure war die Masse in der Mitte noch kautschukartig, obgleich Sprungbildung eingetreten war. Erst nach weiterem mehrstündigem Trocknen bei 100° war auch die Mitte hart und glasig, während der Rand weisslich und wohl sicher gashaltig erschien.

Die weisse kleisterartige Beschaffenheit dieser eingetrockneten Stärke beruht nach der mikroskopischen Untersuchung nicht auf Schaumbildung, sondern rührt von der Abscheidung zahlreicher feinster Stärkeglobuliten her, die jedoch in ihrer dichten Zusammenlagerung und auch theilweisen Verschmelzung leicht das Bild eines gewöhnlichen Schaumes vortäuschen können. Man überzeugt sich am leichtesten davon, dass es sich um Abscheidung von Globuliten handelt, wenn man die noch ziemlich wasserreiche, weissliche, schleimig-kleisterartige Masse untersucht, in der man durch Bewegungen an dem Deckglas das Hin- und Herströmen der Globuliten verfolgen kann.

7. Gerinnungsschäume von Harzen.

Das, was ich schon früher (1894 p. 6—13) über diesen Gegenstand mitgetheilt habe, führe ich hier etwas näher aus.

Mit Harzlösungen lassen sich leicht Gerinnungsschäume erhalten, wenn man in der gebräuchlichen Weise dünne Schichten auf dem Objektträger oder Deckglas in eine ausfällende Flüssigkeit einlegt, wozu sich Wasser meist eignet. Untersucht wurden so Damarlack (eine Lösung von Damarharz in gleichen Volumtheilen Xylol und Terpentinöl), alkoholische Lösungen von gebleichtem Schellack und Kolophonium. Die letztere Lösung war nach der Vorschrift von Thiersch (siehe in Frey, Das Mikroskop, p. 125) bereitet.

Dünne Schichten dieser Lösungen auf Glas (und an der Luft je nach Bedürfniss noch etwas eingedickt) gerinnen beim Einlegen in Wasser meist sehr gut; und zwar die alkoholischen Lösungen von Schellack und Kolophonium sehr schnell zu recht feinem schönem Schaum, der Damarlack dagegen relativ langsam und weniger gut. Damit letzterer ganz weiss, schaumig oder emulsionsartig wird, muss man einen bis

mehrere Tage warten. Die Erklärung für dies verschiedene Verhalten liegt nah, sie ist in dem Lösungsmittel zu suchen.

Der Alkohol, in welchem Schellack und Kolophonium gelöst waren, mischt sich leicht mit der Gerinnungsflüssigkeit, dem Wasser, und dieses ruft daher sehr schnell Entmischung hervor, unter Ausscheidung zahlloser feinster Tröpfchen wässerigen Alkohols. Anders bei dem Damarharz, dessen Lösungsmittel, ein Gemisch von Terpentinöl und Xylol, sich nur sehr langsam mit Wasser mischt; unter diesen Umständen dauert es daher viel länger, bis die Entmischung ganz allmählich vor sich geht. Um schöne feine Schäume herzustellen, eignen sich daher die alkoholischen Lösungen besser. Figur 10 auf Taf. 9 zeigt das Bild eines in Wasser geronnenen Schellackschaumes bei 1760facher Vergrösserung und zwar 10a bei grade tiefer Einstellung, 10b dagegen bei tieferer, wo sich das Netzbild in der früher beschriebenen Weise zu dem weitmaschigeren der zweiten Tiefe vergröbert hat. Auch der Kolophoniumschaum ist ähnlich fein. Dagegen bleiben die Damarschäume, wie gesagt, in der Regel gröber und sogar nicht selten emulsionsartig, indem die Tröpfchen sich weniger innig berühren. Fig. 6 Taf. 10 zeigt die Photographie eines solchen Schaumes bei der gleichen Vergrösserung; vielfach aber sind die Gerinnungsprodukte viel emulsionsartiger, wie ein Blick auf die Fig. 11 Taf. 15 lehrt. Auch auf dieser Figur ist das richtige tiefe Bild der Fig. 11a neben das tiefere und weitere der Fig. 11b gestellt, so dass die Unterschiede in der Maschenweite deutlich hervortreten. Die Figur zeigt gleichzeitig, dass diese Damarschäume vielfach recht unregelmässig sind, indem gröbere bis ziemlich grosse, vakuolenartige Bläschen in der feiner strukturirten Grundmasse zerstreut auftreten.

Eine schon früher erwähnte Erscheinung, nämlich die streifige oder reihige Anordnung der Tröpfchen ist bei Harzschäumen häufig sehr deutlich ausgeprägt und scheint in gewisser Beziehung zu der Richtung des Streichens beim Auftragen der Harzschicht zu stehen. Die Fig. 4 Taf. 10 von Schellack zeigt dies gut, auch Fig. 5 Andeutungen davon, ebenso wie 6 von Damar. Wie früher bemerkt (s. p. 56), handelt es sich dabei nicht um faserig ausgezogene, gestreckte Wabenbildungen, sondern um einfache Reihungen, die sich auch manchmal in verschiedenen Richtungen kreuzen. Die Ursache der Erscheinung ist zweifellos die gleiche, welche schon oben genauer erörtert wurde, nämlich die Ausscheidung der Tröpfchen längs den Putz- oder Wischstreifen an der Oberfläche des Glases. — Es gelingt jedoch auch leicht, schöne, wirklich faserige Strukturen solcher Harzschäume zu erzeugen. Wenn das Harz, z. B. Damar, nicht zu lang in Wasser gelegen hat, so ist es noch zähe und nicht brüchig; bei langem Verweilen dagegen wird es ganz fest und spröde. In ersterem Fall kann man nun leicht durch Kratzen mit einer Nadel eine Partie des Schaumes faserig umformen, und das Harz ist zäh genug, damit die Struktur dauernd bestehen bleibt.

Ist die zur Gerinnung gebrachte Lösung noch relativ flüssig, so entstehen auch nicht selten ganz ähnliche plasmodienartige Netze feinschaumiger Struktur, wie sie oben für die Stärke geschildert wurden, deren Zwischenräume, wie wir gleich sehen werden, auch mit Globuliten erfüllt sein können. Beobachtet wurde derartiges namentlich bei Schellacklösung. — Die Verfeinerung der Schaumstruktur gegen die freien Ränder tritt bei Harzschäumen meist deutlich hervor; auch an inneren

sehr dünnen Stellen wird die Struktur sehr fein und schwindet schliesslich ganz (Schellack). — Mit Damarlösung wurden einige Versuche gemacht, die Schaumbildung dadurch zu beschleunigen oder zu verbessern, dass der Lösung fein zerriebenes Kochsalz beigemischt wurde. Das erwartete Resultat blieb jedoch aus, indem die Schaumbildung dadurch weder sehr befördert, noch, wie ich gleichfalls vermuthete, vielleicht strahlige Anordnung der Waben um kochsalzerfüllte Bläschen hervorgerufen wurde. Dagegen war schön zu sehen, dass sich um jedes Kochsalzpartikelchen eine kleine Vakuole bildete, die allmählich immer grösser wurde und zur Lösung des Salzes führte. Die erhaltenen Schäume hatten einen mehr emulsionsartigen Charakter und zeigten eine eigenthümliche Erscheinung, welche schon früher an ähnlichen emulsionsartigen Damarschäumen ohne Kochsalz gelegentlich beobachtet worden war. Um grössere Tröpfchen fand sich nämlich häufig ein von Tropfen freier und daher hell erscheinender Hof, und erst in einiger Entfernung begannen wieder kleinste Tröpfchen aufzutreten, welche sich dann in weiterer Entfernung allmählich vergrösserten. Diese Bildung erinnert auffallend an die unter geeigneten Bedingungen häufig beobachtete Hofbildung von Globuliten um im Wachsthum begriffene Kryställchen (vergl. Lehmann Bd. I p. 319 und 726). Der helle, von Globuliten freie Hof um solche Krystalle wird wohl mit Recht darauf zurückgeführt, dass sich die ursprünglich auch hier vorhanden gewesenen Globuliten wieder aufgelöst haben, da der wachsende Krystall aus der Lösung rasch Substanz entzieht und sie verdünnt, weshalb sie die Globuliten auflöst. Ich vermuthe, dass die Verhältnisse in den eben beschriebenen Fällen ganz ähnlich liegen und sich daher auch in entsprechender Weise erklären. Der grössere Tropfen spielt hier die Rolle des Krystalls und wird beim Wachsen einen ähnlichen Einfluss auf seine Umgebung ausüben wie ein solcher[1]).

Beim Austrocknen solcher Harzschäume füllen sich die Wabenräume in der Regel, unter Verdunstung ihres Inhalts, reichlich mit Gas, wobei die gashaltigen Stellen natürlich weiss, kreideartig werden. Am besten füllen sich in dieser Weise die randlichen und überhaupt die dünnen Partien mit Gas an, wogegen dicke gewöhnlich hyalin eintrocknen. Den Vorgang bei der Gaserfüllung kann man gut verfolgen. Wenn man einzelne Tröpfchen während des Eintrocknens fixirt, so sieht man nämlich fast immer, wie zuerst randlich an der Wand der Wabe ein ganz kleines Gasbläschen erscheint und dann langsamer oder schneller heranwächst, excentrisch gelagert, bis es schliesslich das Innere der Wabe völlig ausfüllt. Die Verdunstung und das Wachsen des Gasbläschens geschehen meist sehr rasch, weshalb man genau zusehen muss, um den Vorgang zu verfolgen; dennoch verlief er manchmal auch langsamer, so dass es 1 bis 2 Stunden dauerte, bis das Gasbläschen das Innere des Tröpfchens vollständig erfüllt hatte.

Sehr hübsch kann man gelegentlich auch sehen, wie die Gasfüllung von einer

---

[1]) Die Sache verhält sich in obigem Fall nur insofern etwas anders, als bei dem Krystall mit den ihn umgebenden Globuliten, da es sich hier um einen grösseren Tropfen handelt, der von vielen kleinen Tropfen umgeben ist, die nur in der Grösse, jedoch sonst nicht von jenem verschieden sind. Der Krystall dagegen ist von den ihn umgebenden Globuliten physikalisch wesentlich verschieden, er ist fest, die Globuliten dagegen sind flüssig und ihre Substanz daher auch, allem Vermuthen nach, viel löslicher in dem Lösungsmittel als die feste Substanz des Krystalls.

Wabe zu den benachbarten fortschreitet und sich so allmählich über grössere Strecken ausbreitet. Da es nahe liegt, zu vermuthen, die Erscheinung könne damit zusammenhängen, dass die Bläschen beim Eintrocknen, oder auch schon früher, durch Platzen nach aussen geöffnet werden und Luft durch solche Risse eindringen könne, will ich hier die Gründe zusammenfassen, die gegen eine solche Auffassung sprechen. Einmal ist es sicher, dass die allergrösste Zahl auch der umfangreicheren Bläschen der geronnenen Harzschäume nach aussen ganz abgeschlossen ist. Davon habe ich mich z. B. auf das Bestimmteste überzeugt an Präparaten, welche sehr lange in Wasser gelegen hatten; hier hatten sich eine Menge Bakterien entwickelt, die den feinen Häutchen, welche die grösseren Bläschen nach aussen abschlossen, auflagen und deren Vorhandensein deutlich erwiesen. Ferner sieht man auch an den getrockneten und mit Gas erfüllten Bläschen nur selten etwas von Rissbildungen der überdeckenden Häutchen; man darf dies um so bestimmter sagen, als zuweilen wirklich Risse vorkommen und dann immer klar zu erkennen sind. Ferner bemerkt man an etwas dickeren Stellen der Schäume vielfach, dass gaserfüllte Bläschen von anderen, ebenfalls gaserfüllten, überlagert sind, dass sie also von einer nicht allzudünnen Harzschicht überdeckt werden. Hierzu gesellt sich als weiterer Grund endlich die zuweilen auffallend langsame Verdunstung der Wabenflüssigkeit, weshalb ich nicht bezweifeln kann, dass die meisten der sich mit Gas füllenden Bläschen wirklich nach aussen abgeschlossen und nicht durch Risse geöffnet sind. Da nun auch bei den übrigen untersuchten und unter geeigneten Bedingungen ebenfalls mit Gas zu erfüllenden Schäumen nichts von Rissbildungen beobachtet wurde, so unterstützt dies weiterhin den obigen Schluss.

In einer früheren Mittheilung (1894, p. 7) habe ich schon die Frage aufgeworfen, ob das in den Waben auftretende Gas wirklich Luft ist oder nicht nur Dampf der verdunstenden Wabenflüssigkeit. Da die Harzwände der Bläschen für die verdunstende Flüssigkeit, d. h. wässerigen Alkohol, so leicht durchgängig sind und die Gaserfüllung sich auch umgekehrt wieder leicht durch wässerigen Alkohol von ca. 25 % ersetzen lässt, so schloss ich daraus, dass auch die Luft leicht durch die dünnen Harzwände eindringen und den verdunstenden Inhalt ersetzen müsse. Zweifel in dieser Hinsicht waren namentlich dadurch hervorgerufen worden, weil das Gas der Waben bei Zusatz von 25 % Alkohol im Allgemeinen sehr rasch verschwindet, ohne dass dabei Luftaustritt beobachtet wird, das Gas also, wie es auch die direkte Beobachtung zeigt, von der eindringenden Flüssigkeit sehr rasch absorbirt wird. Eine so rasche Absorption schien mir nun für Luft etwas ungewöhnlich. Nach den Erfahrungen, welche ich mittlerweile über das Auftreten von Gas in Präparaten geronnener Gelatine, die von Luft ganz abgeschlossen waren, gemacht habe, scheint mir nun diese Angelegenheit wieder zweifelhafter wie früher, weshalb ich die Möglichkeit zugeben muss, dass der Inhalt der ausgetrockneten, gaserfüllten Bläschen nicht Luft, sondern Dampf der verdunsteten Flüssigkeit sei [1]).

---

1) Diese Meinung erhält durch die Mittheilungen Kamerling's (1897), die mir nach Fertigstellung des Manuskriptes bekannt wurden, eine Unterstützung. K. sucht, auf dasselbe Argument gestützt, d. h. das schnelle Schwinden der Hohlräume einiger trockener pflanzlicher Zellgewebe beim Eindringen von Wasser, nachzuweisen, dass die Zellhöhlen hier nicht Luft enthielten, sondern von Wasserdampf erfüllt seien (d. h. sozusagen leer). Beim Eintrocknen der wassererfüllten Gewebe tritt wieder Dampf-

In vieler Hinsicht interessant ist das Verhalten derjenigen Stellen der Harzschäume, an welchen keine Gaserfüllung auftritt. Der Grund hiefür kann nur darin gesucht werden, dass die Harzwände hier noch zu weich und nachgiebig sind, um beim Eintrocknen dem äusseren Luftdruck und den von der Kapillarwirkung der eingeschlossenen Flüssigkeit ausgehenden Zugwirkungen zu widerstehen. Damit stimmt denn auch überein, dass es meist dickere Stellen sind, an welchen keine Gaserfüllung eintritt, d. h. Stellen, wo die Harzwände voraussichtlich noch am wenigsten erhärtet sind. Beim Austrocknen müssen demnach die nachgiebigen Wände der Waben solcher Stellen zusammenschrumpfen und einsinken. Man hat denn auch vielfach Gelegenheit, dies an grösseren Bläschen wirklich zu beobachten, indem man sowohl solche bemerkt, deren Randkontur zackig runzelig geworden, als solche, auf deren Oberfläche ein konzentrisches oder strahliges Faltensystem aufgetreten ist, was beides die nebenstehenden Textfiguren 20a—d, wenn auch z. Th. etwas schematisirt, wiedergeben. Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, dass die Bläschen unter Faltenbildung zusammentrocknen, dass sie flacher, linsenförmig werden und ihre Wände sich schliesslich auf einander legen, wobei die Umrisse der Bläschen immer verschwommener werden und schliesslich gar nicht mehr zu erkennen sind. Auf diese Weise werden die kleineren Bläschen beim Eintrocknen solcher Stellen meist bald ganz unsichtbar; von den grösseren bemerkt man dagegen gewöhnlich noch eine Andeutung, indem bei tiefer Einstellung in ihrer Mitte noch ein heller Fleck, bei höherer dagegen ein dunkler Punkt sichtbar ist. Bei recht grossen Bläschen mag dies z. Th. darauf beruhen, dass beim Eintrocknen über ihnen eine konkave Einsenkung entsteht; in der Regel glaube ich diese Erscheinung jedoch darauf zurückführen zu dürfen, dass sich im Centrum der Bläschen nach dem Eintrocknen noch ein Rest von Flüssigkeit oder von Gas erhält. Fig. 8 auf Taf. 10 zeigt z. B. den auf Fig. 7 dargestellten emulsionsartigen Damarschaum nach dem Eintrocknen an freier Luft und bei hoher Einstellung. Die grösseren Bläschen haben sich mit Gas erfüllt, während von den kleineren nur schattenhafte Andeutungen

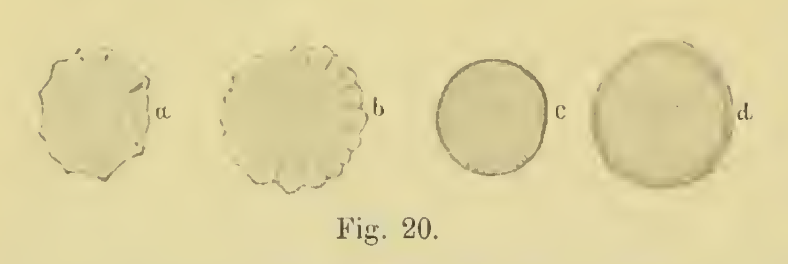


Fig. 20.

Unter Schrumpfung und Faltenbildung eintrocknende Emulsionströpfchen in Damar. Obj. 2. Oc. 12.

---

erfüllung der Höhlen auf. Die Erklärung, welche K. für diese Erscheinung giebt, scheint mir im Allgemeinen richtig, insofern wir zugeben, dass die Wände eine sehr feinporöse Beschaffenheit haben, was für die Zellhaut ja auch zutreffen dürfte. In unserem Fall, wo es sich um ungemein dünne Wände handelt, liegt die Angelegenheit doch vielleicht ein wenig anders. Jedenfalls wäre auch zu berücksichtigen, dass bei dem Verschluss event. vorhandener feinster Poren auch geringe Mengen gelöster Substanzen mitwirken könnten, welche bei der Verdunstung der Flüssigkeit die Poren schliessen. Da die Frage, inwiefern die, bei der Trocknung der beschriebenen Gerinnungsschäume und globulitisch-wabiger Körper auftretende Gaserfüllung aus Dämpfen oder Luft bestehe, sich nur durch besondere, auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen bestimmt entscheiden lassen wird, so habe ich allgemein von Gaserfüllung gesprochen, wo nicht, wie bei Tabaschir- und Kieselsäure das Austreten der Luft sicher nachzuweisen ist. Ich weise jedoch darauf hin, dass ich bei zahlreichen Versuchen mit quellbaren, geronnenen Körpern (Gelatine, Agar, Eiweiss), welche durch geeignete Behandlung undurchsichtig weiss geworden waren, den Austritt von Luft beim Aufquellen im Wasser direkt beobachtet habe (s. 1896. p. 6 ff., s. dort jedoch auch über das Auftreten von Lufträumen in eintrocknender Gelatingallerte, p. 4).

in Gestalt dunkler Flecke zu sehen sind, welche bei der hohen Einstellung relativ gross erscheinen.

Aus obiger Darstellung geht hervor, dass ich das Glasigwerden der Stellen, die sich beim Eintrocknen nicht mit Gas erfüllen, auf das Zusammenfallen der Wabenwände zurückführe, dagegen nicht der Meinung bin, dass die Bläschen oder Waben dabei völlig schwinden. Wenn dies richtig ist, so muss es auch möglich sein, die Bläschen an ihren früheren Stellen und in ihrer früheren Beschaffenheit von neuem hervorzurufen, wenn man ihnen Gelegenheit bietet, sich wieder mit Flüssigkeit zu füllen. Das ist nun auch wirklich der Fall. Die glasigen Partien werden nach kurzer Zeit wieder schön schaumig, wenn man sie mit 25 % Alkohol behandelt und der Schaum besitzt ganz den früheren Charakter. Man kann letzteres dann gut beobachten, wenn an eine hyalin gewordene Partie eine gaserfüllte angrenzt, deren Struktur irgendwie besonders ausgezeichnet ist, z. B. deutlich streifig; in diesem Fall wird man, bei der Wiederhervorrufung der Struktur in der hyalinen Partie, sich überzeugen, dass auch deren Beschaffenheit eine ganz entsprechende ist. Um diesen Punkt aber ganz sicher zu stellen, benutzt man besser Schäume von weniger gelungener Beschaffenheit, also von mehr emulsionsartigem Charakter, in welchen die einzelnen Bläschen ihrer Lage nach deutlich zu unterscheiden und hinsichtlich ihres Wiedererscheinens sicher zu kontrolliren sind. Auf Fig. 7 Taf. 10 ist eine, in der Anordnung ihrer Bläschen charakteristische Stelle aus einem derartigen, auf dem Objektträger erzeugten Damarschaum bei tiefer Einstellung und 180facher Vergrösserung wiedergegeben, wie sie, direkt nach der Darstellung, bei Untersuchung in Wasser erschien. Hierauf wurde das Deckglas abgehoben und die Damarschicht an der Luft ausgetrocknet. Dabei füllten sich eine Anzahl der grösseren Bläschen mit Gas; die kleineren dagegen wurden sehr undeutlich oder verschwanden ganz, so dass der grössere Theil der früheren Struktur nur noch bei hoher oder tiefer Einstellung schattenhaft zu erkennen war, was Fig. 8 Taf. 10 bei hoher Einstellung zeigt. Wurde darauf das Deckglas wieder aufgelegt (natürlich unterstützt) und alsdann 25 % Alkohol zugesetzt, so trat nach verhältnissmässig kurzer Zeit (ca. ½ Stunde) die frühere Struktur und Beschaffenheit in allen Einzelheiten wieder hervor, Bläschen für Bläschen (Fig. 9 Taf. 10). Austrocknung und Wiederhervorrufung wurde nun mit dem gleichen Erfolg noch zweimal vorgenommen, wobei auch die Reste der früheren Struktur, im trockenen Zustand, bis auf die Andeutung einer beschränkten Zahl grösserer Bläschen fast ganz verschwanden. Darauf wieder ausgetrocknet und die Nacht über neben den geheizten Ofen gesetzt; den anderen Morgen war jede Spur der ehemaligen Struktur bis auf die erwähnten grösseren Bläschen, welche jetzt sicher von Gas erfüllt sind, verschwunden (was die Fig. 10 Taf. 10 klar zeigt). Abgesehen von diesen Bläschen und hier und da eingestreuten Staubtheilchen erschien die Damarschicht ganz homogen. Darauf wie früher mit 25 % Alkohol behandelt, tauchte die ehemalige Struktur rasch wieder auf. Die völlige Uebereinstimmung der Anordnung lässt sich mit Hilfe der Photographie Fig. 11 Taf. 10 streng nachweisen. Nach gelegentlicher Wiederaustrocknung und Hervorrufung im Laufe des Tages, wurde das Präparat schliesslich ohne Deckglas 24 Stunden im Wärmeschrank bei 54° getrocknet, worauf die anscheinend ganz homogene Beschaffenheit wieder eingetreten war, wie sie auf Fig. 10 schon

dargestellt wurde. Als nun das so behandelte Präparat unter 25 % Alkohol gebracht wurde, war nach 12 Stunden die frühere Struktur nicht erschienen. Wurde jedoch 50 % Alkohol hinzugesetzt, so trat sie wieder sehr rasch in allen Details hervor; doch zeigten sich bald Zerstörungen durch Zusammenfliessen von Bläschen, da das Damargerüst durch den 50 % Alkohol jedenfalls stark erweicht wurde. Die Photographie Fig. 12 Taf. 10 zeigt diesen Zustand und lässt genügend erkennen, dass es sich um die ehemalige Struktur handelt; im oberen Theil ist Zusammenfluss von Bläschen zu beobachten.

Besonders zu betonen ist noch, dass die Bläschen nicht nur an denselben Stellen und in derselben Grösse wieder erscheinen, sondern auch in ihrer charakteristischen Form, was leicht zu erkennen ist, da viele von Anfang an nicht kugelig sondern elliptisch bis unregelmässig gestaltet waren. Natürlich lässt sich nicht erwarten, dass eine mathematisch genaue Uebereinstimmung der Form bei dem wiederholten Austrocknen und Wiederhervorrufen bestehen bleibt, doch ist die charakteristische Gestalt der verschiedenen Bläschen auf den Photographien stets leicht wieder zu finden. Hervorzuheben wäre noch, dass man bei der Hervorrufung die Bläschen erst ganz klein auftauchen und dann allmählich heranwachsen sieht.

Nicht selten ereignet es sich, dass die in Wasser geronnenen Damarschäume, namentlich an den Rändern, theilweise zerstört werden, indem die Waben jedenfalls z. Th. zu grösseren Bläschen zusammenfliessen, die sich hierauf durch Platzen nach aussen öffnen, so dass Lückenräume in der Schicht auftreten. Auf solche Weise entstehen häufig krystallskelettartige Bildungen und schliesslich, durch weitergehende Zerstörung des Schaumes, grosse Mengen kleiner Harzkügelchen oder globulitenartiger Gebilde, deren Hervorgehen aus zerplatzten Schäumen man nicht selten deutlich verfolgen kann. Im Allgemeinen repräsentiren sie die Knotenpunkte eines zerstörten Schaumwerkes und sind daher häufig reihenweise angeordnet. Es liegen hier dieselben Zerstörungsprozesse eines, nicht rasch genug erhärtenden Schaumgerüstes vor, wie wir sie bei der Gerinnung mässig konzentrirter Stärke- und Gelatinelösung schon beobachteten. Die entstehenden Harzkügelchen sind von sehr verschiedener Grösse, bis zu minutiöser Beschaffenheit herab und zeigen zwischen gekreuzten Nicols ein recht gutes Kreuz, welches aber zweifellos von Oberflächenpolarisation herrührt.

Besonderes Interesse bietet das Verhalten der Schellacklösung bei einfachem Eintrocknen in dünner Schicht auf Objektträger oder Deckglas. Es tritt nämlich die gleiche Erscheinung auf, welche bei Collodium beschrieben wurde; die Schicht wird, wenigstens theilweise, trübe und schaumig. Diese Wahrnehmung war es, die mich zuerst auf die Vorgänge aufmerksam machte. Zunächst lag die Vermuthung nahe, dass die Feuchtigkeit der Luft bei diesem seltsamen Verhalten der Lösung eine Rolle spielen könnte; da sich jedoch das Gleiche ergab, als die Austrocknung unter einem Uhrglas oder im Exsiccator über Schwefelsäure vorgenommen wurde, so musste dieser Verdacht wegfallen. Ich versuchte dann, den Vorgang unter dem Mikroskop direkt zu verfolgen, indem ich einen Tropfen der Lösung auf die Unterseite des Deckglases gab und dies, unterstützt, auf den Objektträger setzte, so dass die Verdunstung des, in dünner Lage rasch über das ganze Deckglas ausgebreiteten Tropfens langsam vor sich ging. Wurde in einem solchen Präparat die Mitte des Deckglases fixirt, so traten nach einiger Zeit zunächst zerstreute, stärker licht-

brechende Tröpfchen auf, die jedoch rasch wieder verschwanden, worauf die Lösung nach etwa fünf Minuten ganz plötzlich, wie mit einem Schlag, schaumig wurde. Es handelte sich nur um eine einschichtige und daher sehr deutliche Schaumlage, wie die Photographie Taf. 10 Fig. 5 (Vergr. 445) klar zeigt. Die Einstellung ist in dieser Photographie etwas verschieden, im Allgemeinen zwar tief, nach dem rechten Rand hin geht sie aber in hoch über; vielleicht war die Schicht auch nach dem Austrocknen etwas wellig. Anders verlief die Erscheinung dagegen, wenn eine Randstelle der an der Unterseite des Deckglases befindlichen Schellacklösung fixirt wurde. Zuerst sah man ganz blasse Ausscheidungen auftreten, welche in Gestalt zackiger Vorsprünge nach Innen vordrangen, dann traten auch sehr kleine stäbchenartige Gebilde und kleine schwächer lichtbrechende Tröpfchen spärlich auf. Nach einiger Zeit begann ganz plötzlich eine sehr heftige Wirbelströmung am Rande, in Verbindung mit massenhafter Ausscheidung kleinster, schwach lichtbrechender Tröpfchen, wodurch der Schellack in eine feinschaumige, anfänglich noch zähflüssige Masse übergeführt wurde, die alsdann erstarrte.

In der angegebenen Weise kommt es also zu Stande, dass man in solchen Eintrocknungspräparaten von Schellacklösung schaumartig strukturirte Partien bald an den Rändern, bald auch im Innern antrifft, häufig auch in Gestalt plasmodienartiger Netze, die jedenfalls dadurch entstanden sind, dass sich Lückenräume in der Schicht bildeten und der Rest sich netzartig zusammenzog. — Dass meist nicht die gesammte Schellacklage schaumig strukturirt ist, beruht auf zwei Gründen. Einmal sieht man vielfach, dass die Struktur, nachdem sie eine Zeit lang deutlich war, beim weiteren Eintrocknen wieder schwindet, und eine hyaline Beschaffenheit an ihre Stelle auftritt; dies beruht zweifellos darauf, dass die Struktur, unter Verdunstung des flüssigen Wabeninhalts, in derselben Weise schwindet, wie wir es bei den in Wasser geronnenen Schäumen fanden und genauer beschrieben. Dass es sich wirklich so verhält, folgt wohl daraus, dass solche hyaline Stellen sofort wieder durch und durch schaumig werden, wenn man sie in 25% Alkohol bringt. Man kann auch hier meist die Eintrocknung, mit Schwinden der Struktur, und das Wiederhervorrufen durch Alkohol vielfach hintereinander wiederholen und sich dabei wenigstens annähernd überzeugen, dass es dieselbe Struktur ist, welche wiederkehrt. So scharf wie in dem oben beschriebenen Fall liess sich dies aber nicht feststellen. An den Stellen, wo sich die Struktur bei der ersten Eintrocknung erhielt, beruht dies eben darauf, dass sich der Inhalt der Waben m i t G a s e r f ü l l t hat, und bei wiederholter Hervorrufung und Eintrocknung gelingt es häufig, früher hyaline Partien durch Gaserfüllung dauernd strukturirt zu machen.

Der zweite Grund, welcher bewirkt, dass sich in gewissen Bezirken keine Schaumstruktur ausbildet, ist, dass hier Globulitenbildung auftritt. So sieht man denn häufig in einem und demselben Präparat Partien mit schöner Schaumstruktur und solche mit dichter Globulitenbildung nebeneinander. Ob wir diese Globulitenbildungen, die in verschiedenster Feinheit auftreten, ebenfalls auf ein zerstörtes Schaumwerk zurückführen dürfen, erscheint mir zweifelhaft, ja sogar unwahrscheinlich, namentlich aus folgendem Grund. Bei genauem Zusehen bemerkt man nämlich häufig, dass die Globuliten nicht frei auf dem Deckglas oder Objektträger liegen, sondern durch eine ganz zarte und jedenfalls äusserst dünne Schicht von struktur-

loser Beschaffenheit verbunden sind, in diese gewissermassen eingelagert erscheinen. Man kann dies nur daran erkennen, dass die Schicht an manchen Stellen von Lücken unterbrochen ist, wie es z. B. die Photographie 7 auf Taf. 9 zeigt. — Die Anordnung der Globuliten erinnert an die der Schaumbläschen in den Schäumen; sie reihen sich nämlich gleichfalls häufig linienartig hintereinander entsprechend den Putzstreifen und jedenfalls aus den früher besprochenen Gründen. Die Photographien 7 und 9 auf Taf. 9 geben davon eine genügende Vorstellung.

Diese Globuliten sind nun nicht alle von gleicher Beschaffenheit, sondern theils solid, theils dagegen sicher hohl. Die auf den Photographien Taf. 9 Fig. 7 und 9 und Taf. 10 Fig. 1 und 2 abgebildeten sind sämmtlich solid. Obgleich die Unterscheidung zwischen soliden und hohlen Gebilden von solcher Kleinheit nicht leicht ist, glaube ich in diesem Fall doch ganz sicher zu sein. Einmal geben die hohlen bei hoher Einstellung, entsprechend ihrem schwächer lichtbrechenden Inhalt, einen sehr deutlichen dunklen und ziemlich grossen centralen Punkt; bei tiefer Einstellung zeigen sie dagegen, entsprechend ihrer Beschaffenheit, ein helleres, röthliches Innere und einen dunklen Hüllsaum; die soliden dagegen nehmen bei dieser Einstellung einen dunkleren, bläulichen Ton an. Bei weiterer Senkung des Tubus bleiben die soliden (auf dem Objektträger) einfach dunkel, die hohlen dagegen zeigen von neuem einen dunklen Centralpunkt und einen hellen Hof. Bei dieser Einstellung ist der Unterschied zwischen den beiderlei Gebilden am auffallendsten. Zu diesen Erfahrungen gesellt sich weiter, dass die hohlen (auf dem Objektträger) zwei Bilder der Irisblende von ähnlicher Deutlichkeit zeigen, ein hohes und ein tiefes, die soliden dagegen nur ein hohes. Endlich ist auch das Verhalten zwischen gekreuzten Nicols verschieden, die hohlen geben ein sehr schönes Kreuz, die soliden dagegen nur die Andeutung eines solchen. Auch bei Untersuchung der Globuliten in umgekehrter Lage, also wenn sie an der Unterseite des Deckglases befestigt sind, zeigen sich dieselben Unterschiede, nur gaben in diesem Fall auch die hohlen nur ein deutliches Bild der Irisblende, aber im Gegensatz zu den soliden ein tiefes. Aus den angegebenen Gründen muss ich daher sowohl hohle wie solide Globuliten als sicher annehmen. Die innere Höhlung der ersteren ist übrigens, soweit sich dies beurtheilen lässt, von ziemlich verschiedener Weite.

Sowohl die hohlen wie die soliden Globuliten kann man in den verschiedensten Graden der Verschmelzung beobachten, wie es z. B. auf den Photographien 1 und 2 Taf. 10 gut zu sehen ist. Namentlich begegnet man auch recht häufig ringförmiger Zusammenordnung der Globuliten zu kleinen Kreischen, wobei meist ein, zuweilen aber auch zwei bis drei Globuliten das Centrum des Ringes einnehmen. Auf den Photographien 7 Taf. 9 und 2 Taf. 10 (Vergr. 1730) sieht man solche kleine Sphärenbildungen solider Globuliten und bemerkt auch deutlich, dass sich die Ringe aus theilweis verschmolzenen Globuliten aufbauen. Nur selten fand sich gelegentlich eine doppelte Ringbildung, indem eine kleine Sphäre von einer zweiten umgeben war; auch Verwachsungen von Sphären kommen vor und interessanter Weise gelegentlich auch solche von ziemlich regulär hexagonalem Umriss. Wir werden später sehen, dass derartige Sphärenbildungen bei der Entstehung der Sphärokrystalle eine wichtige Rolle spielen, weshalb ich hier nicht eingehender darüber handle.

Bemerkt sei aber noch, dass auch die vorhin erwähnten hohlen Globuliten

möglicherweise nur als sehr kleine derartige Sphären, in diesem Fall aber natürlich von kugeliger Bildung, gedeutet werden könnten, welche sich durch theilweise Verschmelzung äusserst minutiöser, nicht mehr direkt sichtbarer Globuliten gebildet hätten.

8. Untersuchungen über Kieselsäuregallerte.

Kurze Berichte über die Beobachtungen an Kieselsäure habe ich schon 1893 (p. 12—13) und 1894 (p. 13) veröffentlicht; hier gebe ich eine zusammenhängende, von Abbildungen begleitete Darstellung. Die verwendete Lösung wurde in der Weise bereitet, dass käufliches Wasserglas auf das dreifache Volum mit Wasser verdünnt und dann mit 5 % Salzsäure bis zu stark saurer Reaktion versetzt wurde. Die Flüssigkeit wurde hierauf in einem Pergamentpapierschlauch so lange in fliessendem Wasser dyalisirt, bis die Chlorreaktion ganz geschwunden war. Die so dargestellte Lösung opalescirte ein wenig und war jedenfalls in geringem Maasse gallertig, da kleine Luftbläschen in ihr z. Th. nicht aufstiegen. Im Uebrigen zeigte sie jedoch wenig Neigung zum Gelatiniren, auch nicht bei Zusatz von Natriumkarbonat.

Beim Eindampfen eines Tropfens auf dem Objektträger bildete sich eine glasige, vielfach zersprungene Haut, ohne kenntliche Struktur. Wurden jedoch dünne Bruchstücke dieser Haut, welche sich abgelöst hatten, im optischen Durchschnitt betrachtet, so zeigten sie eine recht deutliche geschichtete Struktur, wie sie auf nebenstehender Textfig. 21 nach einer Zeichnung und auf Photographie 8 Taf. 8 (Vergr. 975) gut zu erkennen ist. In diesem Fall ist natürlich schwer zu beurtheilen, ob die Struktur wabig ist oder durch Aneinanderlagerung kleiner Kügelchen, d. h. Globuliten, gebildet wird. Ich will vorerst kein bestimmtes Urtheil hierüber abgeben, sondern gleich die weiter angestellten Versuche schildern. Bei langsamem Eintrocknen von Tröpfchen auf dem Objektträger trat vorübergehend eine feinwabig erscheinende Struktur sehr kenntlich hervor, die jedoch bei weiterem Eintrocknen in der Regel wieder ganz schwand. Wurde ein grösserer Tropfen auf dem Objektträger langsam eingetrocknet, so zeigte sich das Gleiche und die Struktur erhielt sich auch im ganz getrockneten Zustand stellenweise, so namentlich an den Rändern der Bruchstücke, in welche die trockene Schicht zersprang. Auf Photographie 7 Taf. 8 ist diese feinwabig erscheinende Struktur bei 775facher Vergrösserung gut zu sehen. Wie gesagt, macht sie durchaus denselben Eindruck wie die wabigen Gerinnungsstrukturen, welche im Vorhergehenden vielfach geschildert wurden. Es kann ferner keinem Zweifel unterliegen, dass die Erhaltung der Struktur an den genannten Stellen auf Gaserfüllung beruht. Dies lehrt schon das allgemeine Aussehen; weitere Gründe dafür sollen gleich angeführt werden.



Fig. 21.

Dünne Lamelle eingetrockneter Kieselsäurelösung. Durchschnitt zersprungener Lamelle. Obj. 4. Oc. 12.

Beim Eintrocknen ganz kleiner Tröpfchen auf dem Objektträger zeigte die restirende Schicht gewöhnlich eine ganz ähnliche Struktur, aber mit deutlicher, wenn auch etwas unregelmässiger, konzentrischer Anordnung um das Centrum der eingetrockneten kreisförmigen Lamelle. Uebrigens war die Lamelle meist vielfach gesprungen, wobei die Sprünge vorwiegend radiär und konzentrisch verliefen und die Lamelle in viele konzentrisch geordnete Stücke zerlegten.

Die Untersuchung des optischen Durchschnitts der Bruchstücke von auf dem Objektträger eingetrockneten Lamellen zwischen gekreuzten Nicols ergab, dass die Lamellen sich optisch negativ verhalten, d. h. dass die Achse kleinerer optischer Elasticität (im Nägeli'schen Sinne) senkrecht auf ihrer Fläche steht.

Eine grössere Menge der ursprünglichen Lösung war auf dem Wasserbad bis zum Gelatiniren eingedampft worden und hierauf unbeachtet eingetrocknet[1]. Die in viele kleine Stücke zersprungene Masse, erschien nicht glasig, sondern milchig opalescirend; sie enthielt jedenfalls noch ziemlich viel Wasser, da geglühte Stückchen ganz milchweiss, porzellanartig wurden. Bei längerem Liegen an der Luft nahmen jedoch die geglühten Stücke allmählich wieder nahezu dieselbe Beschaffenheit an wie die nicht geglühten. Bringt man nun lufttrockene oder geglühte Stückchen in Wasser, so zerspringen sie meist ziemlich energisch in kleinere Partikel und werden unter Austritt kleiner Luftbläschen in kurzer Zeit glasartig durchsichtig. Beim Wiederaustrocknen nehmen sie das frühere Aussehen an, wobei also zweifellos Luft eintritt. Das Verhalten dieser getrockneten Stücke von Kieselgallerte entspricht demnach dem des natürlich vorkommenden Hydrophans und des sog. Tabaschir[2]. Bei der mikroskopischen Untersuchung kleiner Splitter der lufttrockenen Stücke bemerkte man in ihnen ziemlich zahlreiche kleine und, wie es sicher schien, stärker lichtbrechende Einschlüsse, doch ist gewiss, dass von diesen die trübe Beschaffenheit nicht herrührt, wie aus dem Folgenden hervorgeht. Im Wasser erscheinen die Splitter ganz durchsichtig, ohne Andeutung von Struktur. Wurde nun das Austrocknen eines wasserhaltigen Stückchens unter dem Mikroskop verfolgt, so trat plötzlich ein Moment ein, in welchem durch das ganze Stück eine anscheinend feinwabige Struktur klar sichtbar war, die jedoch bei weiterem Trocknen bald blässer wurde und schliesslich völlig verschwand. Hierdurch aufmerksam gemacht, untersuchte ich von Neuem die durch Eintrocknen sehr kleiner Tröpfchen auf dem Objektträger hergestellten und grossentheils glasig erscheinenden dünnen Lamellen und fand, dass auch sie dieselbe Erscheinung zeigen. Werden sie angehaucht und hierauf das Austrocknen unter dem Mikroskop verfolgt, so tritt auch in ihnen stets die sehr rasch wieder schwindende Struktur vorübergehend auf. An diesen dünnen Lamellen glaube ich mich ferner genügend überzeugt zu haben, dass es sich wirklich um eine Struktur von wabigem Charakter handelt, da die einzelnen hellen Netzmaschen bei höherer Einstellung deutlich dunkel, bei tiefer dagegen hell wurden. Einige der grösseren Bläschen erhalten sich jedoch auch im getrockneten Zustand und ferner kommen neben ihnen hie und da noch kleine, stärker lichtbrechende Körnchen zerstreut vor.

Da Famintzin (1884) angab, dass dünne Membranen von Kieselsäure, welche durch Eintrocknen einer aus Wasserglas bereiteten Lösung auf einer Quecksilberoberfläche hergestellt waren, in Wasser bis zu 5 % Ausdehnung durch Quellung zeigen, noch stärker aber in Kalilauge quellen, so achtete ich darauf, ob sich an den

---

[1]) Es ist möglich, dass diese Lösung mit etwas Natriumkarbonat versetzt war.

[2]) Eine sich wie Hydrophan verhaltende Kieselsäure hat 1846 Ebelmen durch langsame Zersetzung von salzsäurehaltigem Kieselsäureäthyläther an feuchter Luft dargestellt; einfacher noch durch Eingiessen von Chlorsilicium in überschüssigen Alkohol und langsame Zersetzung der Flüssigkeit in feuchter Luft (s. Ann. de chimie et de phys. III sér. T. 16, auch Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 37. 1846).

von mir hergestellten, lufttrockenen Stückchen und Lamellen bei der Behandlung mit Wasser etwas von Vergrösserung zeigte, vermochte jedoch nichts davon zu beobachten. Das Zerspringen der Stückchen beim Einbringen in Wasser deutet ja auf Volumsänderungen hin, ebenso auch wohl eine zweite Erscheinung, die ich mehrfach beobachtete. Die Lamellen, welche durch Eintrocknen auf dem Objektträger entstanden, sind nämlich vielfach so dünn, dass sie Regenbogenfarben zeigen. Sobald sie aber angehaucht werden, verschwinden diese Farben, treten jedoch beim Trocknen allmählich wieder hervor und zwar bevor noch die wabige Struktur erscheint. Da nun von vornherein anzunehmen ist, dass die auf dem Objektträger getrockneten Lamellen bei der Wasserbehandlung nur in der Dickenrichtung bemerkbar quellen können, so scheint mir diese Beobachtung eventuell damit zu harmoniren, dass eine schwache Quellung in die Dicke stattfindet.

Während die geschilderten Beobachtungen schon 1893 angestellt wurden, hatte ich erst 1896/97 Gelegenheit, einige Stückchen des eigenthümlichen sog. Tabaschir's zu untersuchen. Es ist dies bekanntlich eine jedenfalls gallertig ausgeschiedene Kieselsäure, welche in den Höhlen älterer Halme von Bambusa arundinacea ausgeschwitzt wird.

Obgleich mir die Zeit zu einem eingehenderen Studium dieses interessanten Objektes vorerst fehlte, kann ich doch als sicher hervorheben, dass es mit der von mir hergestellten Kieselgallerte in vieler Hinsicht nahe übereinstimmt. Der geglühte Tabaschir ist zunächst nicht strukturlos, sondern zeigt in kleinen Splittern, in Luft untersucht, ganz dieselbe feinwabige Struktur, welche ich oben für die Kieselgallerte geschildert habe. Bei Zusatz von Wasser schwindet natürlich auch hier die Struktur, unter Austritt der Luft. Fernerhin zeigen die von Wasser durchtränkten Stückchen beim Eintrocknen genau dasselbe Verhalten wie die erwähnte Kieselgallerte, d. h., wenn das äussere Wasser verdunstet ist, tritt ein Moment auf, wo die Struktur dünner Splitter ungemein deutlich und scharf hervortritt, ja etwas grössere Stücke werden dabei ganz dunkel und undurchsichtig. Dann sieht man nach einigen Minuten, wie die Stücke sich von den Ecken und Kanten her aufzuhellen beginnen und schliesslich wieder so durchsichtig und blass strukturirt sind, wie die oben erwähnten ausgetrockneten Stücke.

Ein gelegentlich gefertigter Dünnschliff eines zuerst in Xylol, darauf in mit Xylol verdünnten Kanadabalsam und endlich durch Verdunsten des Xylols in reinen Kanada übergeführten Stückes zeigte gleichfalls die feinwabige Struktur nach der Einbettung in zähflüssigen Kanada sehr schön. Die Struktur erinnerte durchaus an die lufterfüllter geronnener Gelatine (wie sie später beschrieben werden wird) und schien zu beweisen, dass trotz der sehr allmählichen Ueberführung in Kanada keine völlige Durchtränkung eingetreten war. Dies wurde auch dadurch noch weiter bestätigt, dass der Schliff nach Einbettung in den zähflüssigen Kanada allmählich durchsichtiger wurde. Obgleich diese Untersuchung nur eine flüchtige war, erwies sie doch den feinwabigen Bau des Tabaschirs. — Legt man ein trockenes Tabaschirstück in angeriebene chinesische Tusche, so dringt nur Wasser ein, jedoch keine Spur von Tuschekörnchen.

Die merkwürdige Erscheinung, welche sowohl an der künstlich hergestellten Kieselgallerte als an dem Tabaschir beobachtet wurde: dass nämlich beim Austrocknen

die Struktur für kurze Zeit deutlich hervortritt, hierauf aber rasch schwindet oder doch viel blässer wird, vermag ich mir vorerst nicht zu erklären. Das erste, so deutliche Hervortreten der Struktur beim Austrocknen verläuft ganz unter den Erscheinungen, wie sie geronnene wabig-strukturirte Substanzen beim Ersatz des Wassers der Wabenräumchen durch Luft oder Gas darbieten. Die Deutlichkeit der Struktur und die relative Undurchsichtigkeit der Substanz kann auch nur auf Gaserfüllung der Wabenräume beruhen. Woher rührt aber dann die allmählich eintretende Durchsichtigkeit, verbunden mit dem Undeutlich- oder Wenigerdeutlichwerden der Struktur? Ein eventuelles Zusammensinken oder -schrumpfen der Waben ist dabei nicht im Spiel, denn dies müsste sich durch eine Abnahme der Dimensionen der Stücke dokumentiren; davon zeigt sich bei dem Tabaschir sicher nichts, wovon ich mich durch wiederholtes Verfolgen der Austrocknung mit dem Okularmikrometer bei ziemlich starker Vergrösserung überzeugt habe. Der Tabaschir zeigt daher keine merkbare Volumabnahme beim Austrocknen und daher auch kein Quellen bei der Wasseraufnahme. Man könnte eventuell auch annehmen, dass die Wabenräumchen ursprünglich mit Wassergas, später mit Luft erfüllt sind; doch ist nicht wohl möglich, dass hierdurch ein wesentlicher Unterschied der Lichtbrechung der Wabenräumchen hervorgerufen werde. Auch die Möglichkeit, dass die Gerüstwände anfänglich noch wasserhaltig, später ganz wasserfrei würden, könnte doch nur eine Erhöhung der Brechungsdifferenz zwischen den Wänden und den Hohlräumchen hervorrufen, während bei der Aufhellung der Stücke gerade das Umgekehrte eintreten muss[1].

V. Untersuchungen über die Struktur der Sphärokrystalle, über globulitische und krystallitische Bildungen.

1. Untersuchungen über die Sphärokrystalle des Inulins.

Zu Studien über die Sphärokrystalle des Inulins und anderer Stoffe wurde ich durch Beobachtungen über die Stärkekörner veranlasst. Ich ziehe es aber vor, bei der Darstellung meiner Ergebnisse den umgekehrten Weg einzuschlagen, d. h. die Besprechung des Inulins und der sonstigen, Sphärokrystalle bildenden Stoffe voranzustellen, da diese Körper mehr Aussicht bieten, zu einem Verständniss jener eigenthümlichen Bildungen zu gelangen. Das zu meinen Untersuchungen verwendete Inulin erhielt ich aus dem hiesigen chemischen Institut. Es bestand durchweg aus grösseren, bis sehr kleinen Sphärokrystallen, von welchen selbst die kleinsten

[1]) Nachträglich glaube ich eine zutreffende Erklärung gefunden zu haben, über die ich am Schlusse der Arbeit anhangsweise berichten werde. Ich verweise noch auf Cohn's (1887) interessante Arbeit über das Tabaschir, wo auch das früher Bekannte zusammengestellt ist.

noch ein deutliches Kreuz zwischen gekreuzten Nicols gaben, wenngleich ihre Farbenwirkung auf das Gypsplättchen erster Ordnung dann sehr schwach war.

Die Sphären waren meist sehr schön radiärfaserig. Bei der Untersuchung in heisser konzentrirter wässeriger Inulinlösung ergab sich, dass darunter doch auch viele vorkamen, welche schön konzentrisch geschichtet waren, namentlich zeigten die kleinsten fast immer einige konzentrische Schichten. Aussen fand sich stets eine dünne pellicula-artige, dunkle, resp. dichtere Grenzschicht und in nicht wenigen Fällen schloss sich an diese ein deutlich radiärgestrichelter Saum an, der wie ein Alveolarsaum erschien. Auch im Innern der Körper war zuweilen eine wabig-netzige Zeichnung wahrzunehmen.

In kaltem Wasser oder auch in schwächerer Lösung lösten sich die Körner leicht auf, wobei deutlich zu bemerken war, dass die erwähnte dunklere Grenzschicht, sammt dem gestrichelten Saum, sich beträchtlich schwerer lösten als die innere Substanz, indem sie in der Lösung vielfach als Bruchstücke isolirt umherschwammen. Die obenerwähnte radiärfaserige Struktur beruhte wohl in der Hauptsache auf Sprungbildungen, die theils vom Centrum gegen die Oberfläche, theils von dieser gegen das Centrum ausstrahlen.

In 50 % kaltem Alkohol erfolgte keine Lösung; wurde aber das Objektträgerpräparat ein wenig auf dem Wasserbad erwärmt, so trat sofort Lösung ein. Beim Stehen über Nacht war die Lösung trüb, weisslich geworden, was auf der Bildung einer Menge sehr kleiner Körperchen beruhte, deren Beschreibung gleich folgen soll. Auch eine sehr konzentrirte wässerige Lösung, die nach dem Erkalten vollkommen klar war, war beim Stehen über Nacht zu einem dicken weissen Brei geworden, indem sich eine Unmenge ähnlicher Körperchen abgeschieden hatte.



Fig. 22.

Inulinkörperchen aus Lösung von 25 % Alkohol unter Deckglas ausgefallen. Obj. 2. Oc. 2. a, b, c, h—k von der Flachseite, c, d, f, g, l, m von der Schmalseite. a¹, b, c, h—k tief. a—a¹ hoch tief. m—m¹ mittlere und hohe Einstellung. f—g eigenthümliche Verwachsungen.

Von den kleinen, aus der alkoholischen Lösung gebildeten Körperchen giebt die Photographie 6 Taf. 4 eine Vorstellung; ferner sind auf nebenstehender Textfig. 22 eine grössere Anzahl derselben abgebildet. Die Körperchen haben meist eine nahezu ovale Gestalt, seltener erscheinen sie mehr kreisförmig, und sind deutlich abgeplattet, wie die Betrachtung von der Kante ergiebt (s. Textfig. c, d, l, m). Der grösste Durchmesser schwankte um 2 μ; doch werden wir erfahren, dass sich unter Umständen ähnliche Körperchen von etwas grösseren und kleineren Dimensionen zu bilden vermögen. Das Charakteristischste ist, dass sie sich bei genauerer Untersuchung immer darstellen, als wenn sie hohle Ringe wären oder eine centrale Höhle besässen. Bei tiefer Einstellung (siehe Fig. 6 oben, Fig. 5a und die Textfig. a¹, b, h, i, k) zeigen sie nämlich ein helles Mittelfeld und einen äusseren dunkelen Ringsaum, bei hoher Einstellung dagegen wird das helle Feld dunkel (siehe Taf. 4 Fig. 6 oben, Figg. 5b und 9 und Textfig. a), der äussere Saum dagegen leuchtend hell. Hieraus geht

hervor, dass das helle Mittelfeld von einer sehr schwach brechenden Substanz herrührt, welche das Innere erfüllt. So leicht diese Verhältnisse festzustellen sind, so schwierig ist dagegen die Entscheidung, ob es sich um Ringe oder hohle Plättchen handelt. Die Kantenansicht (s. Fig. 6 Taf. 4 und Textfigur c, d, l m) scheint mehr für ihre Ringnatur zu sprechen. Erst die weitere Verfolgung des Gegenstandes wird aber Handhaben bieten, um eine begründetere Vermuthung in dieser Hinsicht zu äussern und zu einer Vorstellung über die wahrscheinliche Bildungsweise der Körperchen zu gelangen.

Auch auf anderem Wege erhält man nicht selten entsprechende Gebilde, nämlich durch Eintrocknen oder Eindampfen wässeriger oder alkoholischer Inulinlösungen auf dem Objektträger. Beim Eintrocknen solcher Lösungen, namentlich aber beim Eindampfen auf dem Wasserbad, restirt auf dem Objektträger manchmal eine ganz strukturlose, glasartige Inulinschicht, andere Male dagegen sieht man in derselben überall oder stellenweise eine grosse Menge Körperchen, welche den erstbeschriebenen vollkommen gleichen, z. Th. auch etwas grösser, bis 3,5 μ, oder auch etwas kleiner, bis 1,5 μ, sein können. Die Figg. 5a—b und 9 Taf. 4 zeigen derartige Körperchen und ihre Uebereinstimmung mit den ersterwähnten. Von der Kante bekommt man die Gebilde auf solche Weise nicht zu sehen, da sie dem Objektträger fest und flach aufliegen. Derartige Präparate, welche ich oft untersuchte, lehren nun auch einiges über die Bildung der fraglichen Körperchen. Eine genauere Betrachtung der Figg. 5a und 5b, welche dieselbe Stelle bei tiefer und hoher Einstellung zeigen, lässt erkennen, dass neben den ringförmigen oder hohlen Körperchen auch kleinere, kugelige und solide vorkommen, welche die Bezeichnung Globuliten in jeder Hinsicht verdienen. Aehnliche kleinste Kügelchen oder Globuliten sind auch zwischen den ringförmigen Körperchen auf Fig. 9 (hohe Einstellung) hie und da vertheilt. Die beiden ersterwähnten Figuren lassen nun bei genauer Untersuchung an nicht wenigen Stellen, und namentlich bei hoher Einstellung, erkennen, dass die Körperchen wohl aus der Verschmelzung solcher Globuliten entstanden sind. Es sind nur wenige Globuliten, meist auch von etwas verschiedener Grösse, die sich ringförmig gruppirt haben und zu einem solchen Gebilde theilweis verschmolzen. Auf diese Weise erklärt sich das helle, schwächer lichtbrechende Mittelfeld, dagegen bleibt die Frage offen, ob in dieser Weise auch ein Abschluss des Feldes nach oben und unten gebildet werden kann und das Körperchen so wirklich ein hohles wird. Weiterhin ist auf den Photographien 5 und 9 gut zu sehen, dass solche Körperchen unter einander vielfach verwachsen oder wohl richtiger, wie dies ja auch für die Globuliten bei der Bildung der Körperchen gilt, während ihrer Entstehung theilweise verschmelzen (s. auch Textfigur 22 b und k). Dies geschieht bald regelmässiger, bald unregelmässiger, wie es die Figg. 9 und 5 zeigen. Das Resultat eines solchen Verwachsungsvorganges muss die Bildung einer Inulinpartie oder -schicht sein, welche unregelmässig netzig-wabig strukturirt ist, indem alle hellen Mittelfelder oder Hohlräume der Körperchen als Wabenräume erscheinen, die durch ziemlich dicke Scheidewände gesondert sind. Die verschiedensten Uebergangszustände führen denn auch von zerstreuten zu theilweis verwachsenen Körperchen und endlich zu Inulinschichten, welche durch und durch einen solch' feinwabigen Bau besitzen. Taf. 3 Figg. 1a und 1b (Vergr. 975) zeigt eine derartige Schicht bei tiefer (1a)

und hoher Einstellung (1 b), doch kann, wie ja auch die wahrscheinliche Entstehung der Struktur plausibel macht, der Unterschied der beiden Einstellungen hier nicht so scharf hervortreten als bei einem wirklichen Schaum.

Wenn nun die gefolgerte Entstehungsweise dieser wabigen Struktur das Richtige getroffen hat und wenn wir andererseits berücksichtigen, dass sich auf diese Weise dicke Schichten bilden können, welche zahlreiche Lagen von Wabenräumchen übereinander zeigen, so muss daraus geschlossen werden, dass die ursprünglichen, wohl ringförmigen Körperchen, von denen wir ausgingen, sich bei ihrer Verwachsung zu übereinandergelagerten Schichten — resp. wenn sie sich gleichzeitig in vielen Schichten über und dicht an einander bilden und so zur Entstehung der wabigen Struktur unter Verschmelzung führen — auch einen Abschluss nach oben und unten durch Anlagerung von Globuliten erhalten können. Diese Ueberlegung macht es ferner wahrscheinlich, dass auch die oben geschilderten einzelnen Körperchen z. Th. eine Ergänzung zu wirklich geschlossenen, durch oberen und unteren Abschluss erfahren können. Dass die fraglichen Strukturen sich in ihrem allgemeinen Charakter ganz ähnlich den echten Schaum- oder Wabenstrukturen geronnener Substanzen verhalten, ist nach ihrer wahrscheinlichen Bildungsgeschichte verständlich. Einen wesentlichen Unterschied müssen wir ihnen aber gerade deshalb zuschreiben; denn wenn sie in der geschilderten Weise aus der Verschmelzung von Globuliten hervorgehen, so ist im Allgemeinen nicht anzunehmen, dass ihre Wabenräume gegen einander ganz abgeschlossen sind, vielmehr werden sie, da die Globuliten nur theilweise verschmelzen, unter einander meist mehr oder weniger kommuniziren, wenngleich auch ganz abgetrennte vorkommen können.

Schon die einfache Betrachtung solch' wabig strukturirter, eingetrockneter Inulinschichten lehrt, dass die Wabenräume von Luft erfüllt sind, denn die Schicht ist ganz kreideweiss. Die mikroskopische Untersuchung in Luft, wie wir sie seither bei den eingetrockneten Inulinschichten vornahmen, bestätigt dies, soweit sich urtheilen lässt, durch den sehr starken Unterschied in der Lichtbrechung zwischen dem Gerüst und den Hohlräumchen. Lässt man zu einer solchen Schicht etwas Damarlack oder verdünnten Kanadabalsam treten, so werden einmal die meist in ziemlicher Zahl vorhandenen Risse sehr undeutlich, indem sie von Balsam ausgefüllt werden, aber auch ein beträchtlicher Theil der feinen Hohlräumchen verschwindet, da der Unterschied in der Lichtbrechung zwischen dem Harz und dem Inulingerüst gering ist; jedoch erhält sich auch in Harz noch ein ziemlicher Theil der Hohlräumchen und diese treten nun wegen ihrer geringen Lichtbrechung noch frappanter hervor, weshalb sich nicht zweifeln lässt, dass es sich um mit Luft oder Gas erfüllte Räumchen handelt. Die Menge der Räumchen, welche sich unter diesen Umständen erhält, wechselt in den verschiedenen Theilen einer wabigen Inulinschicht ziemlich, bald sind es recht viele, so dass der Charakter der Struktur, wenn auch etwas verändert, erhalten bleibt, bald sind es verhältnissmässig wenige. Man erkennt deutlich, dass die Räumchen meist rundlich bläschenartige sind, hie und da jedoch auch, vereinzelter oder häufiger, länglich wurmförmige gebogene. Diese Erfahrungen scheinen das, was oben über den Zusammenhang und über den gelegentlichen völligen Abschluss der Räumchen bemerkt wurde, zu bestätigen. Ein beträchtlicher Theil der Struktur schwindet, indem die offenen Räumchen, durch

Kanada ausgefüllt, unsichtbar werden und sich nur die geschlossenen, in welche das Harz nicht eindringt, sichtbar erhalten. Die Untersuchung in Kanada giebt insofern ein etwas verändertes Bild der Struktur, indem die Räumchen relativ kleiner erscheinen, als bei Betrachtung in Luft, was z. Th. auch darauf beruhen mag, dass viele sonst zwischenliegende nun geschwunden sind.

Im Vorhergehenden wurde zu zeigen versucht, wie aus unregelmässigen Globulitenverschmelzungen, unter vorübergehender Bildung der geschilderten Körperchen, die man eventuell auch als einfachste Sphären bezeichnen könnte, wabig-gerüstartige Strukturen entstehen können. Im Folgenden wird es nun unsere Aufgabe sein, darzulegen, wie durch regelmässige Zusammenordnung solcher Körperchen sich Sphärokrystalle auszubilden vermögen. — In den glasig und anscheinend ganz homogen eingetrockneten Inulinschichten, welche man beim Eindampfen nicht selten erhält, findet man zuweilen auch ganz kleine Anfänge wirklicher Sphärokrystalle, von der Beschaffenheit, wie sie auf Textfigur 23 abgebildet ist. Der Bau dieser Gebilde entspricht durchaus der Annahme, dass sie durch regelmässige Verwachsung einer Anzahl der früher erwähnten Körperchen entstehen, was durchaus wahrscheinlich ist, da ja die Verwachsung solcher Körperchen zu Gruppen keinem

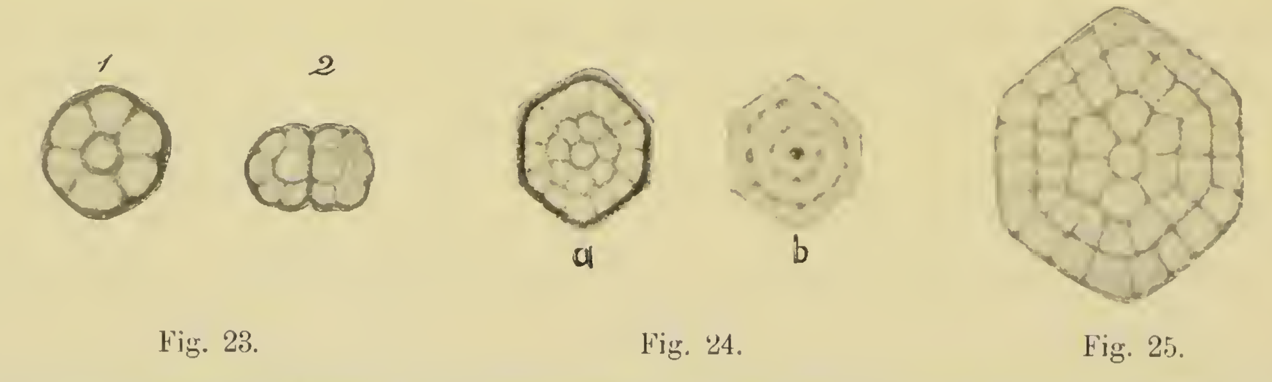


Fig. 23. Fig. 24. Fig. 25.

Fig. 23—25. Kleinste Inulinspären in hyalinerscheinender Inulinschicht, die durch Eintrocknen wässriger Lösung auf Wasserbad (dünne Schicht auf Objektträger) gewonnen. Obj. 4, Oc. 12. a hoch, b tief; sonst tief.

Zweifel unterliegt. Die einfachsten dieser Gebilde sind in der Weise entstanden (s. Textfig. 23, 1), dass sich um eines der Körperchen als Centrum in der Regel sechs, manchmal auch sieben andere regelmässig gruppiren und verwachsen. Der Gesammtumriss der so entstandenen Körper ist annähernd kreisförmig, doch springen die einzelnen Kämmerchen der peripheren Zone immer etwas rundlich vor. Häufig lagert sich aber um diese Zone noch eine zweite, aus zahlreicheren Kämmerchen bestehende, in welchem Fall der äussere Umriss entweder noch annähernd kreisförmig, oder ziemlich regulär sechseckig werden kann, wie es die Textfigur 24 und die Photographie 9a Taf. 7 zeigen, in welch' letzterem Fall noch eine dritte Zone von Kämmerchen hinzugetreten ist. Letzterer Zustand ist in ganz besonders schöner Weise auch auf der obenstehenden Textfigur 25 zu sehen, in der namentlich die regelmässig hexagonale Bildung sehr gut hervortrat[1]). Alle erwähnten Figuren

[1]) Polygonale, resp. hexagonale kleine Inulinscheibchen hat schon Leitgeb (1884, p. 291 ff.) in ähnlicher Weise erhalten. Er betont ganz richtig, dass sie nicht als „Einzelkrystalle“ aufzufassen seien (p. 292) und dass sie beim Auswachsen gewöhnlich in runde Sphärenscheiben übergehen. Leitgeb hat, ähnlich wie ich, dünne Sphärenscheiben durch Eintrocknen dünner Schichten der Lösung auf dem

zeigen die fraglichen Gebilde bei tiefer Einstellung, bei welcher die Räumchen hell, das Gerüst dunkel erscheint; bei hoher Einstellung (s. Textfig. 24 b und Taf. 7, 9 b) werden alle Räume dunkel, das Gerüst dagegen hell und Anzeigen des falschen Netzbildes sind bei richtiger Einstellung hinreichend deutlich.

Interesse bieten auch Doppelbildungen dieser Art, welche dadurch entstehen, dass sich um zwei mit einander verwachsene Körperchen eine Zone weiterer herumlegt, wie es auf Textfig. 23, 2 angedeutet ist.

Dass die beschriebenen Gebilde die ersten Anlagen von Sphärokrystallen sind, unterliegt keinem Zweifel, weil man, von ihnen ausgehend, alle Uebergangsformen zu grossen Sphären findet, die einfach dadurch entstehen, dass das konzentrische Wachsthum durch Anlagerung immer neuer Schichten von Körperchen oder Kämmerchen fortgesetzt wird. Bevor wir zur Beschreibung solch' grösserer Sphären übergehen, wird es angezeigt sein, erst einiges über ihre Gewinnung zu erfahren. Beim Eintrocknen der wässerigen Lösung auf dem Objektträger erhält man zuweilen recht schöne grössere vielschichtige Sphärenscheiben, die sich aber meist nur am Rand der eintrocknenden Lösung bilden. Diese Erfahrung benutzend, operirte ich später gewöhnlich in der Weise, dass ich Objektträger oder Deckgläser aufrecht in ein Schälchen mit Lösung stellte und nun langsam eindampfte. Häufig wurden so recht schöne Sphären erhalten, die sich zur Untersuchung sehr gut eigneten. Solche Sphären sind nämlich, so zu sagen, nicht körperliche, sondern ganz flache Gebilde, also gewissermassen Durchschnitte kugeliger Sphären. Meist sind sie so flach, dass sie nur aus einer einzigen Schicht der erwähnten Kämmerchen bestehen und daher den Bau ganz vorzüglich zeigen. Eine genügende Vorstellung davon geben die Photographien Taf. 4 Fig. 7—8 und Taf. 24 Fig. 1, eine Wiederholung der Fig. 4 Taf. 7 bei stärkerer Vergrösserung; leider sind mir aus zufälligen Gründen die Photographien der schönsten derartigen Sphären wenig geglückt; sie müssten sonst viel klarer ausgefallen sein, etwa in Art der Photographie Fig. 1 Taf. 4. Da sich bei dieser Darstellungsweise in der Regel zahlreiche Sphären in geringer Entfernung von einander bilden, so stossen sie bei fortgesetztem Wachsthum aufeinander, unter Bildung gerader oder gebogener Zusammenstossungslinien, wie dies auf den Photographien 7 und 8 Taf. 4 angedeutet, häufig aber viel schöner zu sehen ist. Soweit ich feststellen konnte, stossen immer drei solche Grenzlinien in einem Eckpunkt zusammen, so dass die, den einzelnen Sphären zugehörigen Bezirke polygonale, zellartige Gebilde darstellen. Obgleich die Winkel, unter welchen die drei Linien zusammenstossen, häufig nahezu oder wirklich 120° betragen, finden sich davon doch auch viele Abweichungen, wenn sich auch schwer sagen lässt, ob nicht doch, ähnlich wie bei einem Schaum, die eigentlichen letzten Zusammenstossungswinkel, der nicht selten etwas gebogenen Linien 120° betragen. In diesen Bezirken der einzelnen Sphären kommt es auch gelegentlich vor, dass die konzentrische Struktur nicht bis an den Rand geht, sondern schon früher aufhört, indem der periphere Theil des Bezirkes von unregelmässigem Wabenwerk gebildet wird. Unter diesen Umständen ist es

---

Objektträger vielfach dargestellt und auch die Vorzüge dieses Verfahrens zur Untersuchung der feineren Bauverhältnisse wohl erkannt. Mir wurde seine wichtige und inhaltsreiche Arbeit erst lange nach Abschluss meiner Untersuchungen bekannt.

sehr eigenthümlich, dass die beiden Wabenreihen, welche jederseits an die Grenzlinien stossen, ganz ähnlich wie die eines Alveolarsaumes regelmässig senkrecht zu den Grenzlinien geordnet sind.

In den seither besprochenen Sphären tritt demnach fast nur die konzentrische Schichtung, welche sicher auf der Anordnung der Kämmerchen beruht, hervor; strahlige oder radiär-faserige Bildungen fehlen fast ganz. Die Kämmerchen in den aufeinanderfolgenden Schichten alterniren stets mehr oder weniger mit einander, weshalb ein strahliger Bau nicht zur Ausprägung gelangen kann. Natürlich muss man sich hüten, die auch in solchen Sphären sehr häufig auftretenden radiären Risse und Sprünge mit eigentlicher Struktur zu verwechseln. Für die Photographien habe ich daher auch nur solche Sphären ausgesucht, welche gar keine Sprungbildungen zeigten. — Aus der Schichtendicke lässt sich auf den Wabendurchmesser schliessen. Auf der Photographie Fig. 8 Taf. 4 beträgt die Schichtendicke ca. 1,5 μ, was mit dem Durchmesser der kleinen Körperchen, wie wir ihn früher fanden, ziemlich gut übereinstimmt. Die Photographie 7 Taf. 4 zeigt sehr schön, dass die früher beschriebenen einfacheren Gebilde wirklich die Anfänge von Sphären sind, da man sie hier in dem Centrum der Sphären deutlich hervortreten sieht. An den Sphären kann man aber zuweilen auch nachweisen, dass nicht immer eine Wabe oder ein heller Raum (bei tiefer Einstellung) das Centrum des ganzen Gebildes bildet; nicht selten findet sich auch im Centrum ein, bei tiefer Einstellung dunkler Punkt (siehe Fig. 8 Taf. 4), woraus folgt, dass auch ein einfacher Globulit manchmal das Centrum des Ganzen bildet, um den sich die ersten Kämmerchen herum legen.

Da die richtige Feststellung der wabig-kämmerigen Struktur der Sphären von Wichtigkeit ist, so möchte ich an der Hand guter Abbildungen noch einen Augenblick dabei verweilen. Die Photographien Figg. 1 a—c Taf. 4 (Vergr. 1730) zeigen eine Partie aus einem, in Luft untersuchten Präparat und zwar eine und dieselbe Stelle bei drei verschiedenen Einstellungen: 1 a tief, 1 b ein wenig hoch und 1 c höher. Es handelt sich um eine Stelle, welche zwar keine eigentliche Sphäre ist, aber dieselbe konzentrisch geschichtete und gekammerte Struktur in vorzüglicher Ausprägung darbietet. Photographie 1 a, bei tiefer Einstellung, zeigt die Kämmerchenstruktur der einzelnen Schichten sehr schön und auch, dass die einzelnen Kämmerchen der aufeinanderfolgenden Schichten meist mehr oder weniger alterniren. Dennoch tritt schon stellenweise die Tendenz hervor, dass die Kämmerchen der Schichten sich strahlig hintereinander reihen, womit an Stelle der konzentrischen Schichtung eine faserig-radiäre Bildung tritt. Es scheint nun keinem Zweifel zu unterliegen, dass die Photographie 1 a etwas zu tief eingestellt ist, weshalb die Wabenräume etwas zu gross und zu wenig zahlreich erscheinen. Dies geht wohl sicher aus der ganz wenig hohen Einstellung der Photographie 1 b hervor, auf welcher die Wabenkämmerchen gerade dunkel geworden sind, so dass die dunklen Zonen hier den hellen der Fig. 1 a entsprechen. Wie gesagt, scheint sich bei genauer Betrachtung in dieser Einstellung sicher zu ergeben, dass die Kämmerchenräume in der That zahlreicher sind, als es nach der Fig. 1 a scheinen möchte. Ob die Zeichnung, welche man auf 1 b in den hier hellen Gerüstwänden zwischen den dunklen Kämmerchenreihen sieht, reell ist oder nur falsches Netzbild, ist schwer zu sagen; in dem ersteren Fall, den ich für wahrscheinlicher halte, deutete sie auf eine globulitische Zusammensetzung dieser Zwischen-

wände hin[1]). Fig. 1 c endlich zeigt das noch höhere Bild, auf welchem die Kämmerchen zu dunklen Punkten geworden sind; die Zeichnung in den Zwischenwänden ist hier noch schwieriger zu beurtheilen und wohl sicher z. Th. falsches Netzbild, z. Th. rührt sie aber wohl daher, dass bei hoher Einstellung in den Zwischenwänden noch die Zusammensetzung aus nicht völlig verschmolzenen Globuliten hervortritt. Wenigstens glaube ich mir diese und weiter noch zu erwähnende ähnliche Bilder auf diese Weise am ehesten erklären zu können.

Die recht gelungene Photographie Taf. 4 Fig. 2 (Vergr. 775) zeigt, dass die Sphären auch hexagonal weiter wachsen können, wie ja ihre Anfänge häufig schon frühzeitig sechseckige Form annehmen. Immerhin sind mir solche Bildungen im Ganzen nicht häufig vorgekommen. Auch die Struktur ist auf dieser Photographie z. Th. sehr schön zu sehen, obgleich die Vergrösserung nicht sehr stark ist. Namentlich tritt hier hervor, dass zwischen die deutlich gekammerten Schichten hie und da auch ziemlich breite Schichten ohne deutliche Struktur eingeschaltet sind. Da jedoch diese Erscheinung bei den Inulinsphären seltener und weniger deutlich zu bemerken ist, so will ich ihre Besprechung aufschieben, da wir später Sphärenbildungen anderer Substanzen finden werden, bei welchen sie klarer und häufiger vorkommt.

Vorhin wurde schon erwähnt, dass die Struktur der Sphären zuweilen in eine rein radiärfaserige übergeht, unter Verlust der konzentrischen Schichtung. Wie dies zu Stande kommen kann, wurde schon angedeutet. Je mehr eine Tendenz der Kämmerchen vorherrscht, sich radiär hinter einander zu ordnen, desto mehr muss eine strahlig-faserige Struktur, unter Schwinden der Schichtung, hervortreten. Wie gesagt, habe ich solche Sphären nicht selten gefunden. Photographie 3 Taf. 4 zeigt die Peripherie zweier zusammenstossender derartiger Sphären; man kann die strahligfaserige Beschaffenheit ziemlich deutlich erkennen und bemerkt, dass ihre Ausbildung nur auf einer Modifikation in der Anordnung der Kämmerchen beruht. Diese Photographie wurde aber hauptsächlich aus einem anderen Grunde reproduzirt; dem Rande dieser Sphären angelagert, und damit mehr oder weniger verwachsen, sieht man nämlich eine Anzahl rundlicher Körperchen von 1,5 bis 2,2 μ Durchmesser, welche in jeder Hinsicht den früher besprochenen Körperchen entsprechen dürften und daher unsere Meinung, dass die Sphären aus der Verschmelzung solcher Körperchen hervorgehen, wesentlich zu unterstützen im Stande sind.

Ausser den erwähnten Sphären finden sich endlich auch solche, bei welchen die kämmerchenartige Struktur nicht mehr, oder doch nur undeutlich zu erkennen ist, die aber noch recht gut konzentrisch geschichtet sind, indem hellere mit dunkleren Schichten abwechseln und, bei tiefer Einstellung, die hellen Schichten gewöhnlich sehr schmal, die dunkleren dagegen breiter bis ziemlich breit erscheinen. Da man Uebergänge von deutlich strukturirten Sphären zu den eben erwähnten findet, so ist daraus wohl sicher zu entnehmen, dass auch sie nur durch eine Modifikation der geschilderten Struktur entstehen, hauptsächlich in dem Sinne, dass die Struktur sehr fein und daher undeutlich wird. Soweit ich nach den, am Inulin und an später zu besprechenden anderen Substanzen gemachten Erfahrungen urtheilen kann, bin ich der

---

1) Nicht ganz ausgeschlossen scheint jedoch auch die Möglichkeit, dass die in Fig. 1a dunklen, konzentrischen Gerüstwände zwischen den Kämmerchenlagen selbst aus je einer Lage feiner Kämmerchen bestehen und dass hierauf die, in 1b hervortretende Zeichnung der konzentrischen Gerüstwände beruht. Für diese Möglichkeit sprechen zahlreiche, später aufzuführende Erfahrungen.

Meinung, dass der Unterschied zwischen den hellen und dunklen Schichten darauf beruht, dass die letzteren dichter, die ersteren dagegen weniger dicht sind, indem in den dunkleren die feinen Hohlräumchen verhältnissmässig klein, die Gerüstwände dagegen dick sind, während die weniger dichte Beschaffenheit der hellen Schichten auf dem umgekehrten Verhalten beruht. Andeutung von Struktur ist auch in den hellen Schichten gewöhnlich noch zu erkennen und unterstützt die ausgesprochene Ansicht. Sind die feinen Strukturen in einem solchen Falle nicht mehr deutlich zu erkennen, so müssen die dichteren Schichten bei tiefer Einstellung natürlieh insgesammt dunkler aussehen wie die helleren, woraus die oben geschilderte Erscheinung solcher Sphären resultirt. Wie gesagt, werde ich für diese Auffassung später noch weitere Belege beibringen.

Oben wurde erwähnt, dass schon die ersten Anfänge von Sphären Doppelbildungen geben können, wie sie auf Textfigur 23, 2 und Taf. 4 Fig. 7 abgebildet sind. Solche Doppelanlagen können beim Weiterwachsen entweder zu einfaehen Sphären werden, welche dann einen doppelten Kern besitzen, oder die Doppelbildung kann sich bei der Vergrösserung erhalten, so dass eine Doppelsphäre entsteht, welche aus zwei, durch eine mittlere Grenzlinie (resp. -Ebene) geschiedenen Hälften besteht. Dass bei früherem oder späterem Zusammenwachsen von Sphären in prinzipiell gleicher Weise auch Mehrlingsbildungen auftreten können, will ich hier nicht weiter ausführen, da später darüber eingehender verhandelt werden wird.

Was die Polarisation der Sphären angeht, so zeigen die grösseren sie ganz ausgezeichnet in der bekannten Weise positiver Sphärokrystalle; dagegen ist bei den kleinen Sphären-Anfängen von Polarisation niehts zu erkennen. Erst bei solehen mit einer ziemlichen Anzahl Sehichten konnte ich eine deutliehe Wirkung auf das Gypsplättchen erster Ordnung wahrnehmen. Auch die sechseckigen Sphären verhalten sich ähnlich wie die kreisförmigen. Bei der Untersuchung in Luft geben die so häufigen Sprünge intensive Farben in der Weise, wie dies schon früher besehrieben wurde, in Balsam versehwindet diese Wirkung sofort. Auch die Sehichtung ist durch Farbenwirkung häufig deutlieh gekennzeichnet, so dass man z. B. in den blauen Quadranten eine grössere Anzahl blauer Sehiehten aufeinander folgen sieht, die aber nicht dureh gelbe von einander getrennt werden, wie wir es bei Calcosphäriten später sehen werden, sondern durch Sehiehten, welche sehr wenig oder nicht auf das Gypsplättchen wirken und daher roth erscheinen.

Wenn sieh in der Bildung der hexagonalen kleinen Sphären sehon eine deutliche Hinneigung zu krystallinischer Ausbildung zeigt, so tritt dies zuweilen noch klarer hervor. Auf einem der eingetrockneten Präparate fanden sich einige sehr sehöne krystallitische Figuren von im Allgemeinen hexagonalstrahliger Bildung, die in maneher Hinsicht an Krystallitenbildungen von Eis erinnerten. Photographie 4 Taf. 4 zeigt eine schöne derartige Bildung bei mässiger Vergrösserung. — Noch in anderer Weise dokumentirt sieh die Neigung zu krystallähnlicher Ausbildung. So fanden sich in einigen Trocknungspräparaten nicht gar selten kleine, etwa wetzsteinförmige Gebilde. In ihrem Centrum bemerkte man zuweilen einen kleinen schwachbrechenden und daher wohl gaserfüllten Hohlraum, ähnlich wie meist im Centrum der Sphären; sonst war von Struktur gewöhnlich nichts zu sehen, nur manchmal schwaehe Andeutung konzentrischer Schichtung. Zwischen gekreuzten

Nicols und dem Gypsplättchen wirkten diese Gebilde nicht wie Sphärokrystalle, sondern wie einfache Krystalle mit der Achse grösserer optischer Elasticität in der Längsrichtung. Dies liess sich namentlich an den nicht seltenen Mehrlingsbildungen dieser Art, wovon eine auf Textfigur 26 dargestellt ist, deutlich wahrnehmen, da hier die zwillingsartig nebeneinander orientirten Gebilde durch ihre entgegengesetzte Farbenwirkung klar hervortraten.



Fig. 26.
Zwillingartiges Krystallblättchen von Inulin. Vergr. ca. 1200.

Gelegentlich habe ich mich auch überzeugt, dass die wetzsteinförmigen Körperchen ebenfalls zum Ausgangspunkt von Sphären werden können, wenigstens habe ich mässig grosse sechsseitige Sphären gesehen, deren Centrum von einem solchen Körper eingenommen wurde.

Bemerkungen zu den früheren Untersuchungen über die Sphärokrystalle des Inulins.

Da das Gemeinsame der Sphärokrystalle in einem späteren Abschnitt behandelt werden soll, so bringe ich hier nur einige kurze Angaben über die Erfahrungen früherer Beobachter. Es ist nicht ohne Interesse, dass die ältesten mit den meinigen am meisten übereinstimmen, nämlich die Nägeli's von 1862. Nägeli hat gewisse Sphärokrystalle, welche in alkoholbehandelten Exemplaren der Alge Acetabularia mediterranea vorkamen, untersucht, die dann Sachs (1864) und Nägeli selbst (1865) für Inulin erklärten, welche aber nach den Erfahrungen von Prantl (1870) und namentlich Hansen (1884, p. 105 Anm.) kein Inulin sein sollen, während Leitgeb (1888, p. 297) sie mit grosser Bestimmtheit wieder für „Inulin oder wenigstens einen nahe verwandten Stoff" erklärt. Nichtsdestoweniger möchte ich hier auf Nägeli's Beobachtungen eingehen, um so mehr, als die zu besprechenden Verhältnisse den Sphärokrystallen wohl ganz allgemein zukommen.

Im Gegensatz zu den übrigen Beobachtern, Sachs, Prantl und Hansen, ist nämlich Nägeli der Einzige, welcher die von mir eingehend geschilderte und durch Abbildungen erläuterte kämmerchenartige Struktur schon 1862 ganz richtig gesehen und auf Fig. 6 abgebildet hat. Obgleich die Maassangaben, welche sich aus dieser, bei angeblich 1000facher Vergrösserung gezeichneten Figur entnehmen lassen, dasjenige bedeutend überschreiten, was ich gefunden habe, indem den kämmerchenartigen Räumen oder Maschen hiernach ein Durchmesser von ca. 5 μ zukäme, während ich höchstens 1—2 μ fand, so kann ich doch nicht zweifeln, dass Nägeli mit seinen Angaben die von mir geschilderte Struktur gemeint hat. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass bei den Sphären der Acetabularia die Struktur gröber ist, was es auch erklärlich macht, dass Nägeli mit seinen optischen Hilfsmitteln die Verhältnisse ganz richtig zu ermitteln vermochte.

Nägeli's Darstellung der Struktur lautet (p. 316): „Ausser der konzentrischen Schichtung beobachtet man häufig auch radiale Streifung, welche das nämliche Aussehen zeigt, nur etwas zarter und undeutlicher ist. Dadurch zerfällt die Substanz in Maschen von mehr oder weniger quadratischer Form, wobei die radialen Streifen in den succesiven konzentrischen Zonen häufig nicht aufeinandertreffen." Vergleicht man dazu seine Fig. 6, so wird man sehen, das Nägeli sicher dasselbe schilderte, was auch wir oben genauer erörtert haben. Dies wird noch weiter dadurch bestätigt, dass Nägeli auch Abweichungen dieser „regelmässigen Bildung" beobachtete, die er folgendermassen beschreibt. „1. Die konzentrischen Streifen sind zickzackförmig und das Netz besteht aus ziemlich regelmässigen sechseckigen Maschen. 2. Die Maschen sind in radialer Richtung zu Rhomben verlängert und die konzentrische Streifung ist etwas weniger deutlich als die radiale. 3. Die Maschen sind in der Richtung des Radius sehr stark verlängert; von den konzentrischen Schichten ist nichts mehr zu sehen. 4. Die radialen Streifen laufen regelmässig oder unregelmässig parallel und sind meistens mehr oder weniger geschlängelt." Daraus wird man ersehen, dass hier im Allgemeinen dieselben Modifikationen der Struktur beschrieben werden, welche auch ich geschildert habe, und dass sie auch Nägeli im Ganzen in derselben Weise auffasst, wie ich sie mir dargelegt habe. Ich muss diese Uebereinstimmung zwischen den schon alten Erfahrungen Nägeli's und den meinigen um so mehr betonen, da ich sie erst kennen lernte, nachdem ich meine Untersuchungen beendigt hatte.

Nägeli's Meinung über das Wesen der Struktur ist folgende (p. 321): „Dass die Sphärokrystalle

aus winzigen, höchstens 1 μ dicken Nadeln oder Stäbchen zusammengesetzt sind, welche theils eine radiale, theils eine zum Radius rechtwinklige Stellung haben und welche wie Balken zu einem Bau vereinigt, eine sehr poröse Masse bilden.“ Ich werde später darzulegen haben, dass ich diese Meinung nicht theilen kann.

Sachs (1864, p. 80) bemerkt zwar, dass er auf die Inulinsphären „fast wörtlich Nägeli's Angaben anwenden könne“, etwas später aber fügt er hinzu: „eine so deutliche Einsicht in die innere Struktur, wie sie durch Nägeli's Fig. 6 angedeutet ist, konnte ich an meinen Präparaten nicht gewinnen.“ Die radiale Streifung führt er auf eine Zusammensetzung aus „radial gestellten feinen Nadeln“ zurück, wobei jedoch unentschieden bleibt, ob er eine Verbindung dieser Nadeln im Sinne der Nägeli'schen Struktur leugnet. Auch Prantl (1870) lässt in seiner verdienstvollen Monographie des Inulins die Sphären aus radial zusammengestellten Krystallnadeln bestehen.

Die gleiche Ansicht vertheidigt ferner Hansen (1884), sowohl für das Inulin wie für die übrigen Sphärokystalle und leugnet die Richtigkeit der Nägeli'schen Angaben über die Struktur direkt, indem er bemerkt (p. 106) „Einerseits habe ich nie unter meinen Objekten solche erblickt, welche einen derartigen Aufbau vermuthen lassen, andererseits scheint es mir unwahrscheinlich, dass bei einer ungestörten Erstarrung“ (er ist der Meinung, dass die Sphärokrystalle erstarrte Tropfen seien) „eine solche Struktur, wie sie Nägeli annimmt, auftreten könne.“

Auch Leitgeb (1888) schliesst sich, insoweit es sich um die strahlige Struktur einzelner Schichten oder der gesammten Sphären handelt, der Meinung an, dass sie auf der Zusammenfügung feiner, radiär geordneter Krystallnädelchen beruhe. Dagegen entging ihm nicht, dass auch die nicht strahligen Partien oder Schichten häufig eine feinere Struktur zeigen, die er als fleckig oder körnig schildert und die wohl sicher die von mir dargestellte Kämmerchenstruktur war. Gegenüber den falschen Angaben Hansen's, der auch den Inulinsphären das Wachsthum durch Apposition absprach (nur so lange sie flüssige Tropfen seien, sollten sie wachsen), erkannte Leitgeb durch direkte Verfolgung unter dem Mikroskop ganz richtig, dass die schon sicher doppelt brechenden Sphären durch Apposition wachsen, was ja schon Nägeli für die Acetabulariasphären als unzweifelhaft erschlossen hatte [1]). Damit wird denn für die Inulinsphären die angebliche Bildung der Schichten und der Strahlung durch nachträgliche Differenzirung, resp. Krystallisirung anfänglich homogener Tropfen hinfällig. Die Schichten bilden sich auch hier successive durch Auflagerung. Leitgeb konnte dies um so bestimmter darthun, als er zeigte, dass die Angaben Prantl's und Hansen's über die ursprüngliche Entstehung der Sphären als flüssige Tropfen, die erst nachträglich innerlich krystallisirten, auf Irrthum beruhe, indem der durch Glycerinzusatz abgelöste und zusammengezogene Plasmaschlauch als Tropfen angesehen wurde. Damit fällt ferner die Angabe Hansen's, dass die im Pflanzengewebe sich bildenden Sphären stets von einem besonderen Hüllhäutchen umgeben seien, indem gezeigt wurde, dass dies Häutchen nichts anderes ist als der Rest des Plasmaschlauches, der sich dem, in seinem Innern entstandenen Sphärit auflegt.

In allen diesen Punkten halte ich die Darlegungen Leitgeb's für völlig zutreffend. Dagegen vermag ich seiner Deutung der Schichtung der Inulinsphären nicht ganz beizustimmen. Leitgeb meint nämlich, dass die Schichtung durch die Abwechslung krystallinischer und amorpher Lagen oder Schichten hervorgerufen werde, indem er sich der Hansen'schen Ansicht anschliesst, dass am Aufbau der Inulinsphären, wie der Sphärokrystalle überhaupt, häufig amorphes Material theilnehme. Die amorphe Beschaffenheit dieser helleren und homogenen, nicht strukturirten Schichten folgert er aus dem Verhalten im polarisirten Licht, wo sie bei Anwendung des Gypsblättchens keine Farbe geben. Dies Verhalten habe ich bei grösseren Sphärenscheiben ebenfalls sehr regelmässig beobachtet. Es mag einerseits darauf beruhen, dass diese Schichten die wenigst dichten und daher auch bei tiefer Einstellung die hellsten sind, andererseits aber ist es auch sehr wohl möglich, dass sie wirklich aus optisch inaktivem Material bestehen, d. h. aus unregelmässig wabig strukturirtem. Wir fanden ja, dass die kleineren Sphären gewöhnlich in solches Material eingelagert sind und werden auch bei den später zu erwähnenden Substanzen, wie dem phosphorsauren Natron, der Cellulose und der Stärke, das Gleiche häufig wieder finden. Unter diesen Bedingungen ist es auch sehr wohl möglich, dass sich derartig unregelmässig strukturirtes Material an dem Aufbau der Sphären periodisch betheiligt und die fragliche Erscheinung darauf zurück-

[1]) Von der Richtigkeit der Angaben Leitgeb's über das appositionelle Wachsthum der Inulinsphären konnte ich mich nachträglich durch Wiederholung seiner Beobachtungen über das Wachsen der Sphären am Rande hängender Tropfen überzeugen. — Neuere Beobachtungen über die Erstarrung krystallisirender geschmolzener Körper, über die ich nur in einem Nachtrag kurz berichten kann, zeigten mir jedoch, dass sphärokrystallinische Bildungen auch in der von Hansen angenommenen Weise entstehen können. Das oben Bemerkte ist daher in diesem Sinne einzuschränken.

zuführen ist. Dagegen lässt sich ein solcher Wechsel optisch aktiver und inaktiver Schichten nach unseren Erfahrungen keineswegs als der ausschliessliche Grund der Schichtung betrachten. Ueberhaupt ist er nur für die gröbere Schichtung zutreffend, die, wie wir hier und anderweitig fanden, auf dem Alterniren verschieden dichter Schichten beruht. Daneben haben wir jedoch noch die feine Schichtung, wie sie oben geschildert wurde, bei der weder Verschiedenheiten in der Dichte, noch in der optischen Wirkung der Schichten besteht, die vielmehr auf der besonderen, schichtenweisen Anordnung der feinen Kämmerchen beruht, wie ausführlich dargelegt wurde und was auch bei den übrigen sphärokrystallinischen Bildungen weiter zu erörtern sein wird.

2. Untersuchungen an gewöhnlichem phosphorsaurem Natron.

Auf die Untersuchung dieses Salzes wurde ich durch Beobachtungen an neutralem essigsaurem Blei geführt, von denen erst später die Rede sein wird. Da sich bei letzterem sehr interessante Verwitterungserscheinungen ergaben, so liess sich annehmen, dass Aehnliches bei dem noch leichter verwitternden phosphorsauren Natron wohl besser hervortreten möchte. Die Erfahrung hat dies vollkommen bestätigt. Eine 5% Lösung dieses Salzes, welche in sehr dünner Schicht auf dem Objektträger ausgebreitet wird, giebt beim Eintrocknen in der Regel schöne, ganz glasig homogen erscheinende Krystallblätter von länglicher Form. Das Salz krystallisirt monoklin. Zuweilen erhielt ich jedoch auf die gleiche Weise keine Spur von Krystallen, sondern eine gleichmässige glasige Schicht, welche sich weiterhin ganz so verhielt wie die Krystalle.

Um, wie es bei diesen und den folgenden Untersuchungen vielfach nöthig war, eine recht dünne Schicht von Lösung auf dem Objektträger gleichmässig auszubreiten, was trotz der sorgfältigsten Reinigung mit Säuren und Fette lösenden Flüssigkeiten häufig grosse Schwierigkeiten bereitet, verfuhr ich schliesslich so, dass ich den Objektträger mit einem Holzstäbchen und der Lösung längere Zeit rieb. Auf diesem Wege bringt man es nach einiger Zeit zu Stande, dass die Flüssigkeit ganz gleichmässig adhärirt. Man hat dann nur nöthig, mit der Lösung sauber abzuspülen und eine dünne Schicht derselben sich gleichmässig ausbreiten zu lassen.

Das gewöhnliche phosphorsaure Natron, welches nicht weniger wie 12 Moleküle Wasser enthält ($Na_2HPO_4 + 12H_2O$), beginnt nach seiner Krystallisation auf dem Objektträger fast momentan zu verwittern, indem es nach den vorliegenden Angaben 5 Moleküle Wasser verliert und sich in das Salz $Na_2HPO_4 + 7H_2O$ verwandelt. Legt man rasch ein unterstütztes Deckglas auf, so wird die Verwitterung stark verzögert, indem, wie wir gleich sehen werden, jedenfalls das bei dem Prozess ausgeschiedene Wasser nun viel langsamer verdunstet. Das bei der Verwitterung gebildete wasserärmere Salz tritt in ganz ähnlichen Strukturen auf, wie wir sie bei dem Inulin kennen lernten und auch die Modifikationen dieser Strukturen sind ganz entsprechende. Wegen der Entwickelung dieser Strukturen, deren Hohlräumchen ähnlich wie bei dem Inulin mit Luft, eventuell auch hier und da mit Dampf gefüllt sind, werden die verwitternden Stellen ebenfalls kreideweiss. Die Struktur-Modifikationen sind nun im Allgemeinen folgende.

1. Die Krystallblätter werden bei der Verwitterung einförmig weiss und erhalten eine ganz gleichmässige wabig-maschige Struktur, ohne irgend welche Anzeigen besonderer Gruppirung der Maschen, weder Reihungen noch konzentrischer Schichtung oder dergleichen. Das Bild der Struktur gleicht ganz dem eines schaumig geronnenen Körpers. Die Ränder der so veränderten Krystallblätter bleiben dabei ganz scharf und zeigen namentlich, wenigstens wenn sie nicht zu lang an der

Luft gelegen haben, keinerlei Spuren von Unregelmässigkeiten, Zerfressungen oder dergleichen. Besonders fällt es aber auf, dass die äusserste Maschenlage, welche an die Ränder stösst, gar nicht selten die Charaktere eines Alveolarsaums darbietet, d. h. aus senkrecht zu den Rändern gestellten Maschen besteht.

Die Feinheit der Struktur wechselt etwas: man sieht manchmal in einem und demselben Krystallblatt ziemlich dicht neben einander feinere Maschen (deren Weite 0,7 μ nicht überschreitet) und gröbere (bis 1,2 μ). Zuweilen treten auch vereinzelte bedeutend gröbere Räumchen auf. Für die gröber strukturirten Partien kann man nicht zweifeln, dass es sich wirklich um maschenartige Hohlräumchen handelt, da man solche auch vereinzelter und zerstreut beobachtet. Wird die Struktur sehr fein, so ist die Entscheidung, ob Hohlräumchen oder dicht zusammengelagerte Globuliten vorliegen, schwieriger. Auch will ich nicht bezweifeln, dass Partien von letzterem Bau sich hier und da wirklich finden.

Erfolgt die Verwitterung unter dem Deckglas, so tritt die Struktur, wie erwähnt, viel langsamer deutlich hervor. Man kann dann aber verfolgen, dass sie anfänglich blass und wenig scharf zu sehen ist und erst allmählich so bestimmt hervortritt wie an ganz ausgetrockneten Stellen. Ich zweifle nicht, dass dies darauf beruht, dass die Hohlräumchen anfänglich mit dem Wasser erfüllt sind, welches bei der Bildung des weniger wasserhaltigen Salzes abgeschieden wird und dass das Deutlicherwerden nur daher rührt, dass dies Wasser verdunstet, wodurch der Brechungsunterschied zwischen den Räumchen und dem Gerüst viel grösser wird.

2. Findet man häufig verwitterte Krystallblätter, in welchen die maschige Struktur regelmässiger angeordnet ist, indem sich mehr oder weniger regelmässige, zuweilen auch ganz regelmässige Maschenreihen bilden. Die betreffenden Stellen erscheinen dann streifig bis faserig. Irgend welche Beziehungen dieser Streifung zu den Umrissen der Krystallblätter lassen sich nicht nachweisen, wie denn auch der Verlauf der Reihung in einem und demselben Krystallblatte an verschiedenen Stellen manchmal sehr verschieden ist. Auf Fig. 7 Taf. 7 ist die Photographie (Vergr. 1380) einer ganz besonders schönen und regelmässigen Maschenreihung wiedergegeben. Dass es sich in diesem Fall um wirkliche Maschen, d. h. Hohlräumchen und ein entsprechendes Gerüst handelt, kann gar keiner Frage unterliegen. Der Durchmesser der Maschen beträgt hier (wenn kein Irrthum in der Aufzeichnung des verwendeten Okulars vorliegt, was leider nicht ganz ausgeschlossen ist) 0,9 μ, was mit den sonst festgestellten Grössenverhältnissen wohl übereinstimmt. Das Alterniren der Maschen in den benachbarten Reihen habe ich kaum irgendwo schöner und klarer gesehen; die Gestalt der einzelnen Maschen ist daher fast regelmässig sechseckig.

Es ist begreiflich, dass die streifige Struktur auch etwas radiärfaserig werden kann, was zur folgenden Modifikation überleitet.

3. In den verwitternden Krystallblättern sowohl als in einer nicht krystallinisch erstarrten Schicht treten mehr oder weniger zahlreiche schöne Sphärenbildungen auf, deren Bau sich im Prinzip ganz wie bei dem Inulin verhält. Wenn die Sphären sich reichlicher bilden, so wachsen sie auch hier zusammen, unter Erzeugung polygonaler Grenzlinien wie beim Inulin. Ist dies nicht der Fall, so verbleibt zwischen den Sphären gewöhnliche, unregelmässig strukturirte Wabenmasse, wie sie auf den

Photographien Taf. 7 Fig. 3, 5 und 6 einigermassen zu erkennen ist. Die Sphären sind nur selten völlig kreisförmig und ganz regulär konzentrisch geschichtet; viel häufiger sind sie mehr oder weniger ellipsoidisch (s. Fig. 3), zuweilen bisquitförmig (s. Fig. 6) und gelegentlich auch kleeblattförmig (Fig. 5). Radiärsprünge sind in ihnen nicht gar selten (s. z. B. Fig. 4 und 6), doch im Allgemeinen viel weniger häufig als bei Inulin.

Für das Verständniss der Strukturen und des Aufbaues der Sphärokrystalle überhaupt sind die vorliegenden womöglich noch instruktiver wie jene des Inulins. Einmal ist die konzentrische Schichtung häufig sehr gut ausgebildet, herrscht aber doch in der Regel nicht allein vor; nur die selteneren, ganz kreisförmigen und gewöhnlich nicht sehr grossen Sphären verhalten sich derart. In der Regel treten in den Sphären auch strahlig gebaute Partien auf. So sind die ovalen und längsgestreckten Sphären in ihrer Längsachse meist von zwei strahligen Büscheln durchzogen, welche im Centrum beginnen und sich nach den Polen allmählich erweitern, so dass die beiden Büschel zusammen eine etwa stundenglasförmige Figur bilden. Auf Fig. 3 tritt dies nur wenig hervor, ist jedoch, wie bemerkt, häufig recht gut zu sehen. In den kleeblattförmigen Sphären finden sich dagegen vier solcher Strahlenbüschel, die nach den vier Polen ziehen, wie denn diese Gebilde überhaupt als die Kombination zweier ovaler Sphären erscheinen[1]). Natürlich finden sich auch hier häufig Sphären, in welchen die strahlige Bildung vorherrscht, die Schichtung dagegen undeutlich wird.

Das Centrum wird entweder von einer Wabe, also einem minutiösen Hohlräumchen, oder einem Knotenpunkt gebildet. Bei den ovalen Sphären findet man aber im Centrum meist ein stäbchenartiges, in die Länge gestrecktes Gebilde oder auch einen rechteckigen, länglich gestreckten Kern (s. Fig. 3), worauf unten noch einmal zurückzukommen sein wird. Zuweilen konnte ich in verwitterten Krystallblättern auch die ersten Anfänge kleinster Sphären beobachten, die in der beim Inulin beschriebenen Weise aus wenigen Maschen bestanden, weshalb behauptet werden darf, dass sich auch bei der Verwitterung des phosphorsauren Natrons genau in der dort beschriebenen Weise Sphären bilden.

Ueber die konzentrische Schichtung kann man hier einiges Nähere ermitteln. Wie die Photographien (3, 4a, 5, 6) zeigen, sieht man in den Sphären bei tiefer Einstellung dunklere breitere Schichten mit schmalen hellen abwechseln. Die genauere Untersuchung ergiebt, dass die schmalen hellen Schichten nur aus einer Maschenlage mit sehr dünnen Gerüstwänden bestehen, während die breiteren dunkleren Schichten sich aus mehreren Lagen von Maschen aufbauen, die selbst wieder deutlich geschichtet oder auch mehr unregelmässig angeordnet sein können. Namentlich die bei 1700facher Vergrösserung aufgenommene Photographie 4a zeigt dies Verhältniss gut, doch geben auch die Photographien 3, 5 und 6 darüber genügenden Aufschluss, namentlich

---

1) Solche kleeblattförmigen Sphärite haben schon Harting (1872, Taf. I, Fig 4 u. p, auch m u. m[1]) sowie Nathusius (1890, Taf. 28, Fig. 19 C, 27—28) von kohlensaurem Kalk abgebildet. Sie sind daher weiter verbreitet. — Ihre Entstehung lässt sich nach meinen Erfahrungen vermuthlich auf sehr frühzeitige Vierlingsbildungen zurückführen, welche sowohl beim Inulin als beim kohlensauren Kalk sehr häufig beobachtet werden, speziell solche wetzsteinförmigen Vierlinge, wie sie von Inulin oben kurz beschrieben wurden, dürften den Ausgangspunkt derartiger Sphären bilden.

wenn sie mit 4a verglichen werden. Photographie 4b zeigt die hohe Einstellung derselben Stelle wie 4a (tief) und lässt die Umkehr der Schichten hinsichtlich hell und dunkel erkennen, sowie dass jede helle Masche bei hoher Einstellung dunkel wird; auch tritt der Charakter des hohen falschen Netzbildes dabei im Allgemeinen ziemlich deutlich hervor. Diese Erfahrungen bestätigen daher den schon bei den Inulinsphären gezogenen Schluss, dass der Wechsel heller und dunklerer Schichten in den Sphären darauf beruht, dass in den hellen die Hohlräumchen grösser, die Gerüstbalken dagegen dünner sind, während es sich in den dunklen umgekehrt verhält. Wenn man daher solche Sphären mit ungenügender Vergrösserung untersucht, bei welcher die Struktur unkenntlich ist, so nimmt man doch den allgemeinen optischen Charakter der Schichten wahr und erhält desshalb den Eindruck, dass dichtere und weniger dichte Schichten mit einander abwechseln, wie es ja auch in der That der Fall ist. Das Gleiche tritt aber auch ein, wenn man bei genügender Vergrösserung sehr tief oder hoch einstellt, so dass die Struktur verschwommen verschwindet; dann sieht man auch noch den allgemeinen optischen Charakter der Schichten, die also, je nach der Einstellung, bald hell, bald dunkel erscheinen.

Oben wurde kurz erwähnt, dass im Centrum der länglich ovalen Sphären gewöhnlich ein länglich rechteckiges Gebilde liegt. Die genauere Verfolgung der Entwickelung solcher Sphären bei der Verwitterung ergab hierüber einiges Nähere, obgleich ich diese Verhältnisse nur flüchtig untersuchte. Als erste Anlage solcher Sphären trat nämlich in den verwitternden Krystallblättern ein kleines, nadelartig erscheinendes Gebilde auf, wie es auf nebenstehender Textfig. 27, 1 abgebildet ist. Dieses wuchs rasch in die Länge, indem sich gleichzeitig ein ovaler Hof darum bildete. Unter weiterer Anlagerung ovaler Schichten, wächst diese Anlage zu einer Sphäre aus. Nach dem, was später bei der Bildung der Calcosphäriten beobachtet wurde, halte ich es für möglich, dass das kleine nadelförmige Gebilde, welches zuerst auftritt, eigentlich ein sehr dünnes Plättchen ist, das von der Kante gesehen wird, doch können die Gründe hierfür erst später dargelegt werden.



Fig. 27.

Phosphors. Natron, verwitternd. Nadelartiges Gebilde als erste Anlage einer ovalen Sphäre. Drei Wachsthumsstadien desselben Gebildes. Obj. 2, Oc. 12.

Aehnlich wie beim Inulin sieht man auch bei diesen dünnen Sphären und sonstigen maschigen Strukturen des phosphorsauren Natrons, dass bei Zusatz von Damar- oder Canadabalsam ein grosser Theil der Maschenräume durch Ausfüllung mit Harz undeutlicher wird; doch erhalten sich auch hier nicht wenige, in welche der Balsam nicht eindringt; diese müssen daher nach aussen abgeschlossen sein.

Das Verhalten der Sphären im polarisirten Licht ist nicht uninteressant. Sie polarisiren sehr gut und geben, zwischen gekreuzten Nicols mit dem Gypsplättchen erster Ordnung untersucht, sehr intensive Farben, während die unregelmässig wabige Masse zwischen den Sphären keine Farbenwirkung hat. Das Eigenthümliche ist nun, dass sich sowohl Sphären fanden, welche positive Farbenwirkung, entsprechend der der Stärkekörner, als auch solche, welche negative zeigten. Im Allgemeinen waren letztere die häufigeren. Wie dies zu erklären, kann ich nicht bestimmt sagen, doch geben Untersuchungen über Sphären, welche ich später darstellte, in dieser Hinsicht vielleicht einige Aufschlüsse. Diese Sphären waren rein strahliger Natur

und dadurch ausgezeichnet, dass die Richtung der Strahlung, die im Allgemeinen radiär war, sich doch an den verschiedensten Stellen ganz plötzlich veränderte. Es zeigte sich im Allgemeinen deutlich, dass die Achse kleinerer optischer Elasticität in der Längsrichtung der Strahlen verlief und die Farbenvertheilung in diesen Sphären sich daher ganz nach der Richtung der Strahlen änderte. Ich möchte annehmen, dass die oben erwähnten Sphären, welche sich negativ verhielten, solche waren, in denen der strahlige Bau vorwog, die positiven dagegen wohl solche ohne deutlich ausgesprochenen Strahlenbau; denn man dürfte vielleicht den nicht ganz unbegründeten Schluss ziehen, dass die konzentrischen Schichten in ihrem optischen Verhalten den Strahlen entsprechen müssen, dass also in ihnen die Achse grösserer optischer Elasticität tangential zu den Schichten zieht. Genauere Untersuchungen werden leicht entscheiden, ob diese Meinung begründet ist.

3. Untersuchungen über neutrales essigsaures Blei.

In vieler Hinsicht ähnliche Resultate wie das phosphorsaure Natron hatte schon zuvor essigsaures Blei ergeben, das in schwacher Lösung und dünner Schicht auf dem Objektträger zur Krystallisation gebracht, resp. eingetrocknet worden war. Dieses Salz enthält drei Moleküle Krystallwasser und verwittert auch leicht an der Luft. Die im Folgenden, unter Hinweis auf die beigegebenen Photographien, kurz zu beschreibenden Strukturen beziehen sich wie beim phosphorsauren Natron auf solche verwitterte Partien, in welchen unter Wasserverlust die gleichen Erscheinungen auftreten, wenn es auch nie zu so schöner Sphärenbildung kommt wie bei letztgenanntem Salz. Das essigsaure Blei bildet unter den angegebenen Bedingungen auf dem Objektträger oder dem Deckglas entweder büschelige glasige, häufig auch streifig-geschichtete Krystallblätter oder eine unkrystallinisch erscheinende, glasige Schicht. Durch die Verwitterung entsteht in den Blättern oder der gleichmässigen Schicht theils eine gleichartige maschig-netzige Struktur, wie sie auf Photographie 5 Taf. 24 (Vergr 3000, tief; s. auch Taf. 6, 7a) wiedergegeben ist, theils stellenweise eine mehr globulitische, indem an diesen Stellen die Struktur aus mehr oder weniger innig zusammenhängenden und theilweis verschmolzenen Globuliten entstanden zu sein scheint. In der zweifellos maschigen Struktur, die im Ganzen sehr fein ist, da die Maschen im Durchschnitt 1 μ Weite haben, treten hier und da auch linear gereihte Maschen auf, einfache oder Doppelreihen solcher, welche eigenthümlicher Weise sehr an die von Putzstreifen herrührenden Reihungen in geronnenen Substanzen erinnern. Hier und da findet man auch die ganze Masse auf grössere Strecken gestreift und zwar in wechselnden Richtungen, ähnlich wie bei dem phosphorsauren Natron. An den Rändern verwitterter Krystallblätter sieht man hier zuweilen eine alveolarsaumartige Bildung recht schön. Ganz zarte dünne verwitterte Blätter sind auf den Photographien Taf. 6 Figg. 9a und 9b bei tiefer und hoher Einstellung wiedergegeben. Der maschige Charakter ist hier ganz unzweifelhaft, wie das hohe falsche Netzbild (9b) zeigt. Auch lässt sich erkennen, dass zwischen den Blättern noch eine äusserst dünne Lage des Salzes vorhanden sein muss, da man darin einzelne grössere Maschenräume deutlich beobachtet; ja es scheint sogar, dass

auch die zwischenliegenden Stellen von einem feinen Maschenwerk ausgefüllt sind, welches nur zu fein und zart ist, um genügend deutlich wahrgenommen zu werden.

In der maschigen Substanz treten nun stellenweise auch Sphärenbildungen auf, wenn auch nie von ansehnlicher Entwickelung. Sehr schön sind die ersten Anfänge solcher Sphären auf den Photographien 7a und 7b Taf. 6 zu erkennen. Sie stimmen ganz mit dem überein, was wir beim Inulin gefunden haben, wenn sie auch nicht so regelmässig sind wie dort. Das Centrum der kleinen Sphären wird von einem Knotenpunkt oder einem Globuliten, wenn man will, gebildet. Die Vergleichung der tiefen Einstellung (7a) mit der hohen (7b) beweist ganz sicher, dass es sich wirklich um maschige Bildungen handelt. Gelegentlich fanden sich jedoch auch grössere ovale oder citronenförmige Sphären, wie sie auf Photographie 8 Taf. 6 (Einstellung tief) dargestellt sind. Ihr Bau ist zwar nicht sehr klar, immerhin zeigt die Photographie genügend deutlich die Schichtung und lässt erkennen, dass auch ein maschiger Bau der Schichten vorhanden ist, woraus folgt, dass die feinere Struktur im Allgemeinen dieselbe ist, welche wir bei Inulin und phosphorsaurem Natron gefunden haben. Das Centrum dieser grösseren Sphären nimmt sicher ein Hohlräumchen ein.

Um mich zu überzeugen, dass sich die Maschenräume wirklich wie schwach-lichtbrechende Einschlüsse verhalten, habe ich sie auf ihre Bildgebung untersucht und gefunden, dass sie, wie früher (s. p. 27) beschrieben, ein tiefes Bild deutlich zeigen. Wurde die auf dem Deckglas befindliche Substanz so betrachtet, dass sie an der Unterseite des Deckglases befestigt war, so zeigte sich in gleicher Weise ein solch' tiefes Bild in den Maschenräumen. Ob jedoch hieraus, wie ich anfänglich zu schliessen geneigt war, entnommen werden darf, dass die Maschenräume ganz abgeschlossen sind, möchte ich nicht als sicher betrachten, da auch feine Lücken und Spalten, wie schon Nägeli und Schwendener gezeigt haben, ein tiefes Bild geben.

4. Untersuchungen an doppelchromsaurem Kali und an Pikrinsäure.

Doppelchromsaures Kali.

Einige Versuche über Eintrocknung sehr dünner Schichten einer 3% Lösung von doppelchromsaurem Kali auf dem Objektträger stellte ich hauptsächlich aus dem Grunde an, weil die intensiv gelbe Farbe dieses Salzes gestattet, feine Strukturen bei relativ weit geöffneter Blende zu studiren und namentlich auch zu photographiren, wobei eventuelle Täuschungen durch die störenden falschen Netzbilder vermieden werden. Bei dem, in angegebener Weise vorgenommenen Eintrocknen erhält man neben ganz homogen erscheinenden, dünnen gelben Krystallen eigenthümlich bogige, dendritenartig reich verästelte Gebilde, sowie auch fächerartig strahlige Gebilde, wie sie auf Photographie Taf. 6 Fig. 6 und Taf. 24 Fig. 3 wiedergegeben sind. Die Entstehung der letzterwähnten Gebilde wird durch das Studium einfacherer Zustände verständlich, welche sich auf Globulitenverschmelzungen zurückführen lassen. Zwischen den Krystallen etc. bemerkt man nämlich, auf dem Objektträger zerstreut, stets auch feine bis feinste Globuliten und die verschiedensten Verwachsungs- oder Verschmelzungszustände solcher.

Taf. 6 Fig. 8b zeigt eine solche Partie, um die hier und da einzelne Globuliten zerstreut liegen, und Verwachsungen solcher zu gerüstartigen oder maschigen Bildungen mit krystallitenartigen Ausläufern (Vergrösserung 1380). Aus diesen, häufig noch viel schöner gesehenen Zuständen lässt sich bestimmt erkennen, dass sowohl die maschen- oder wabenartigen Bildungen als auch die mehr oder weniger nadelartigen Krystalliten aus Verschmelzung von Globuliten entstanden sein müssen; denn auch die Krystalliten zeigen nicht selten noch klar, dass sie aus Reihen verschmolzener Globuliten bestehen. Wenn dies auf der vorliegenden Photographie auch nicht so deutlich erscheint, so wird doch später bei anderen Salzen der Beweis genügend geführt werden. Gegenüber der vorgetragenen Auffassung wäre nur eine andere eventuell zulässig, nämlich die, welche die zerstreuten einzelnen Globuliten umgekehrt auf die Zerstörung oder den Zerfall ehemals zusammenhängender maschiger Gerüste zurückführen wollte. Ich kann hier auf eine solche Betrachtung nicht näher eingehen, werde sie aber später im Zusammenhange für die krystallinischen Bildungen erörtern. Aus der Formation, wie sie in der Photographie 8b äusserst dünn und einfach und daher verständlich vorliegt, lassen sich nun die fächerartigen Bildungen der Fig. 6 und Taf. 24 Fig. 3 ohne Schwierigkeit herleiten. Es handelt sich bei ihnen um eine, von einem Punkte (links oben in Figur 6) ausgehende und in ihrer Natur vorwiegend strahlige Gerüstbildung, bei welcher die Strahlen mehr oder weniger den Charakter zarter krystallitischer Fäden oder Strahlen angenommen haben. Ueberall aber lässt sich deutlich erkennen, dass sie durch Querverbindungen zu einem Gerüstwerk vereinigt sind, dass es sich also, wie bei den seither betrachteten Sphären von rein strahligem Bau, um ein maschiges Gerüstwerk handelt, in welchem der radiärstrahlige Charakter vorherrscht.

Unter diesen Umständen war zu erwarten, dass sich gelegentlich allseitig ausgebildete Sphären finden müssen, was auch wirklich der Fall ist. Einmal wurden zuweilen solch' fächerartige Gebilde mit allseitiger Strahlung gefunden, wie sie auf Fig. 3 Taf. 24 erscheinen. Das Eigenthümliche derselben war nur, dass in ihrem Centrum z. Th. eine an ein vierblätteriges Kleeblatt erinnernde Zeichnung bestand, dadurch hervorgerufen, dass diese vier Blätter nicht von strahliger, sondern von unregelmässig maschiger Gerüstmasse gebildet waren. Ferner fanden sich gelegentlich auch mässig grosse, rein strahlige Sphären in einigen Präparaten vor, deren Bau im Allgemeinen jedenfalls der gleiche war, wenn er sich auch im Einzelnen nicht erkennen liess, da es sich um dickere kugelige Gebilde handelte. Unter gekreuzten Nicols gaben sie ein schönes Kreuz.

Schliesslich kamen hier und da auch ganz kleine Sphärenanfänge vor, die jedoch einen globulitischen Charakter besassen. Entweder handelte es sich um Globuliten, die zu einem kleinen Ring verwachsen waren, wie es die nebenstehende Textfig. 28 a zeigt, oder es hatten sich diesem Ring noch eine oder zwei Lagen Globuliten oben und unten angefügt, so dass der Ring nahezu oder vielleicht auch manchmal völlig zu einer Kugel ergänzt war (s. d. Textfig. 28 b). Weiteres Auswachsen solcher Bildungen habe ich nicht beobachtet; doch scheint es mir sicher, dass das Centrum der fächerartigen Gebilde (wie Taf. 6 Fig. 6) von einer solchen Globulitenverschmelzung gebildet wird.

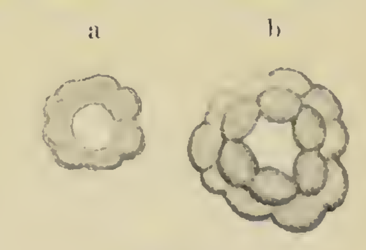


Fig. 28.

Globulitisch-sphärische Bildungen von doppelchromsauren Kali. Obj. 2, Oc. 12.

Pikrinsäure.

Diese stark gelbe Säure versuchte ich aus den schon oben erwähnten Gründen. Sie gab auf dem Objektträger eine Menge hübscher, büschelig gruppirter und verzweigter Krystallitenbildungen, zwischen denen viele feinste Globuliten zerstreut waren. An den feinsten, reihig büscheligen Krystallitenbildungen liess sich auch hier gut erkennen, dass sie aus Verschmelzung von Globulitenreihen entstanden sind, wobei jedoch die benachbarten Reihen vielfach durch feine Querverbindungen unter einander zusammenhängen und so ein gerüstartiger Charakter resultirt. Anderseits fanden sich aber zwischen und in Verbindung mit den Büscheln häufig auch Massen von ganz zweifellos maschig-netzigem Bau. Auf Photographie 2 Taf. 7 sind solche bei 780facher Vergrösserung und tiefer Einstellung dargestellt. Wie bemerkt, kann bei ihnen der netzig-gerüstartige Bau nicht in Zweifel gezogen werden. Endlich fanden sich hier und da auch Anfänge kleiner Sphären, die in ihrem Bau theils den Anfängen der Inulinsphären entsprachen, theils dagegen, ähnlich den letzterwähnten des doppelchromsauren Kalis, dichte Zusammenlagerungen von Globuliten waren.

5. Untersuchungen an übermangansaurem Kali.

Auch dieses Salz wurde wegen seiner intensiv rothen Farbe zur Untersuchung gewählt und hat sich, sowohl in dieser Hinsicht als in gewissen anderen, recht gut bewährt. Verfahren wurde bei der Herstellung der Präparate in der mehrfach angegebenen Weise. Schöner und entschiedener als bei irgend einem der anderen untersuchten Salze liess sich hier die Entstehung fädiger Verschmelzungen von Globuliten, sogen. Trichiten, und das Hervorgehen nadel-, ja sogar krystallartiger Gebilde auf die gleiche Weise verfolgen; wobei der Umstand, dass man die, selbst bei grosser Kleinheit noch ziemlich lebhaft gefärbten Globuliten und ihre Produkte bei relativ weit geöffneter Blende untersuchen konnte, die Sicherheit des Gesehenen wesentlich erhöht.

Auf den Präparaten findet man einmal zahlreiche feine bis feinste Globuliten isolirt zerstreut, von denen einige auch auf der Photographie Fig. 5 Taf. 6 (tief) zu sehen sind. Aus reihenweiser Vereinigung solcher Globuliten gehen nun sehr häufig feine, gerade oder etwas gebogene Fäden hervor, deren Zusammensetzung aus theilweise verschmolzenen Globuliten meist noch sehr kenntlich ist. Auf den Textfiguren 29a—c, ebenso aber auch auf der Photographie 4 Taf. 6 ist dies deutlich zu sehen und ich hätte die Zahl der Abbildungen noch durch viele recht instruktive vermehren können, wenn dies die Kosten nicht zu sehr erhöht hätte. Die Globuliten solcher Fäden sind häufig von ziemlich verschiedener Grösse, und nicht selten bemerkt man auch, dass sie nicht dicht hintereinander gereiht, sondern durch feine, kürzere oder längere Fädchen verbunden sind. Die allmählichen Uebergänge, welche man nun von Reihen feinster Globuliten bis zu solchen Verbindungsfädchen findet, an denen keine Zusammensetzung aus Kügelchen mehr zu sehen ist, scheinen mir ganz bestimmt dafür zu sprechen, dass auch die Fädchen aus Reihen sehr kleiner Globuliten entstanden sind. Wie bei den früheren Salzen schon gelegentlich

bemerkt wurde, gehen nämlich die Globuliten stets bis zur äussersten Feinheit herab, weshalb sich die Ueberzeugung aufdrängt, dass noch grosse Mengen von Globuliten existiren, welche ihrer minutiösen Kleinheit wegen überhaupt nicht zu erkennen sind. — Dass auch Verzweigungen der Fäden nicht selten sind, zeigt die Photographie 4 Taf. 6. — Sieht man nun andererseits, dass die aus Globuliten gebildeten Fädchen in dickere nadelartige Gebilde übergehen, wie sie Textfig. 29b zeigt, so kann man sich der Ansicht nicht verschliessen, dass auch letztere aus innigerer Vereinigung von ein bis mehreren Globulitenreihen entstanden sind. Es zeigt sich vielfach schön, dass diese nadelartigen Gebilde aus mehreren, in geringer Entfernung von einander hinziehenden Globulitenreihen hervorgingen, wobei sich gleichzeitig Querverbindungen zwischen den Reihen ausbildeten. Auf diese Art werden

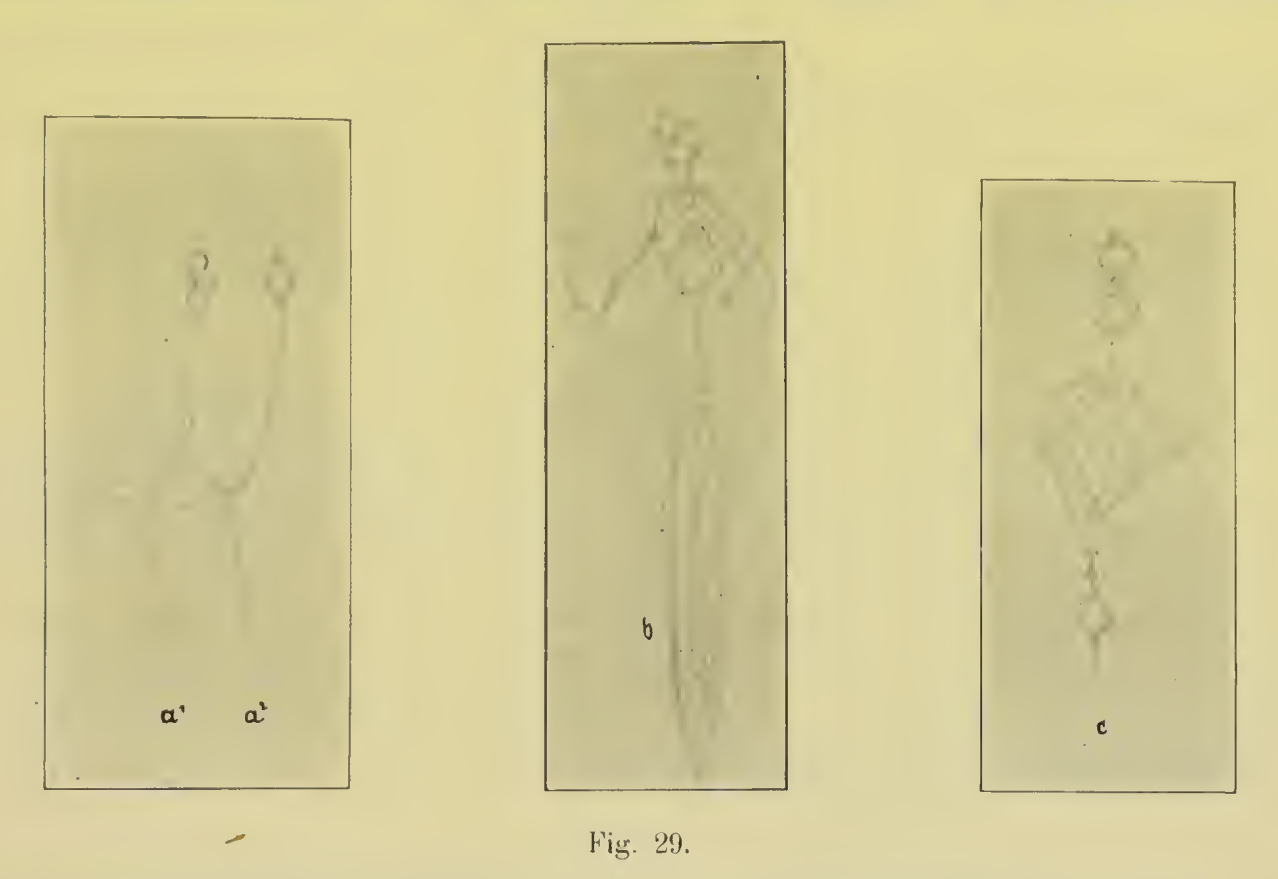


Fig. 29.

Krystallitische Bildungen von übermangansaurem Kali. Obj. 2. Oc. 12. a^1 hoch, a^2 tief, b und c tief. Obj. 2. Oc. 12.

wir zu ganz ähnlichen Formationen geführt, wie sie schon beim doppelchromsauren Kali besprochen wurden.

Ganz besonderes Interesse erweckt die Erscheinung, dass die Fädchen an ihren Enden zuweilen in kleine rhombische Globulitengruppen auslaufen, wie es auf Textfig. 29 bei tiefer (a^2) und bei hoher (a^1) Einstellung abgebildet ist. Die beiden Bilder zeigen, dass es sich um vier, regelmässig in den Ecken eines Rhombus angeordnete Globuliten handelt, welche, wie das tiefe Bild besonders sicher beweist, sich im Centrum nicht wirklich berühren, sondern eine kleine Lücke lassen, und deren Verbindung in den Rhombenseiten möglicherweise auch noch durch feinere Globuliten bewerkstelligt wird. Derartige Rhomben sind nun nicht selten in den Verlauf der Fäden eingeschaltet, wie es die Figuren 29 b und c, sowie Photogr. 4 Taf. 6 zeigen. Die Bildung eines solchen krystallartigen Rhombus aus vier Globuliten ist jedoch nur der einfachste derartige Fall; häufiger begegnet man Rhomben, die aus zahlreicheren, mehr oder weniger innig verschmolzenen Globuliten zusammen-

gesetzt sind, wie es auf Fig. 29 b und c und der Photographie 5 gut zu sehen ist. Kleine Rhomben vermögen sich auch durch Wachsthum zu vergrössern, indem sich neue Schichten von Globuliten um sie anlegen, die mit den inneren gewöhnlich durch Radialbrücken mehr oder weniger verbunden sind, so dass maschig-gerüstartige Strukturen entstehen (s. Fig. 29 b). Eine solche, etwas unregelmässige Bildung ist namentlich auf Photographie 5 bei 1380facher Vergrösserung gut zu erkennen; ähnlich sind die gleichfalls etwas irregulären Rhombenbildungen der Photographie 4. Dass übrigens auch solidere Zusammengruppirungen von Globuliten in dieser Form vorkommen, geht aus der auf Textfig. 30 in vier aufeinander folgenden Einstellungen wiedergegebenen Gruppe hervor. Wie die ein wenig hohe Einstellung b zeigt, besteht diese Gruppe aus einem inneren Rhombus von vier Globuliten, um den sich sehr regelmässig eine äussere Schicht von acht Globuliten angelagert hat. Diese äussere Schicht liegt jedenfalls etwas höher wie die inneren vier Globuliten, indem die ersteren in der etwas tieferen Einstellung c schon dunkel erscheinen, die letzteren dagegen noch hell; erst in der noch tieferen Einstellung d wurden auch sie dunkel. Bei der höchsten Einstellung Fig. a bemerkte ich nur die vier inneren Globuliten.

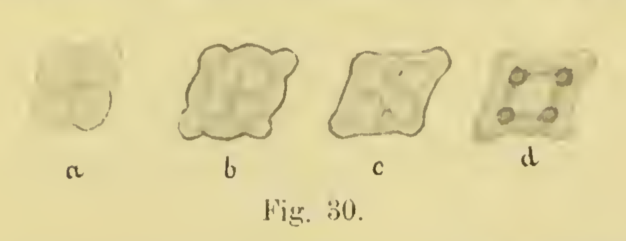


Fig. 30.

Übermangansaures Kali. Aus Globuliten zusammengesetztes krystallähnliches Gebilde. a höchste, d tiefste Einstellung. Obj. 2. Oc. 12.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die geschilderten Rhomben wirklich die Anlagen ganz flacher rhombischer Krystallblättchen sind, deren Hervorgehen aus Globulitenverschmelzungen sich also in diesem Fall mit grosser Sicherheit nachweisen lässt. Andererseits darf man aus diesen Erfahrungen schliessen, dass auch bei wirklichen Krystallen maschig-gerüstartige Strukturen ähnlich wie bei den Sphärokrystallen vorkommen können und dass ihre Entstehung die gleiche ist wie bei den letzteren. Davon später noch mehr.

6. Untersuchungen an Chlorammonium.

Veranlasst durch die Erfahrungen an den Sphärokrystallen des Inulins hatte ich an diesem Salz zuerst Studien über Krystalliten, Globuliten und dergleichen begonnen. Es hat sich herausgestellt, wie dies auch z. Th. schon nach früheren Untersuchungen erwartet werden konnte, dass gerade der Salmiak in dieser Hinsicht mancherlei Interessantes bietet. Wäre ich erst später zu diesen Untersuchungen gelangt, oder würden sie jetzt noch einmal wieder aufgenommen, so glaube ich wohl, dass noch entscheidendere und ausgiebigere Aufschlüsse erzielt werden könnten. Verfahren wurde bei der Herstellung von Objektträger- und Deckglaspräparaten in der schon öfter geschilderten Weise. Wenn die eintrocknende Schicht dicker ist, erhält man auf diese Weise Krystallskelette von mannigfacher Bildung, die mehr vereinzelt oder als gleichmässigerer Ueberzug das Glas bedecken und schon vielfach geschildert worden sind. Ich will auf sie nicht näher eingehen und werde auf gewisse Eigenthümlichkeiten derselben, soweit sie für uns Interesse bieten, später zurückkommen. — Beim Eintrocknen sehr dünner Schichten der Lösung erzielt man

dagegen eine Menge zerstreuter, feiner bis feinster Globuliten und globulitischer Krystalliten, ausser vereinzelteren Krystallskeletten. Ueber die mikroskopischen Bilder gerade dieser Globuliten wurde schon früher Genaueres mitgetheilt (s. p. 17), worauf ich hier verweise. Nicht ganz sicher wurde, ob sich beim Salmiak auch ring- und kügelchenartige Verschmelzungen kleiner Globulitengruppen finden; ich möchte jedoch nicht zweifeln, dass dergleichen vorkommt, da ich gelegentlich deutliche Anzeichen davon beobachtete, über die ich wohl nur deshalb nicht ganz ins Klare kam, weil meine Uebung in der Untersuchung solcher Bildungen damals noch geringer war.

In den Zwischenräumen der Ausläufer von Krystallskeletten begegnet man auf den Präparaten zuweilen dichten Zusammenlagerungen theilweis verschmolzener Globuliten, welche eine dünne Ausfüllungsschicht zwischen den Ausläufern bilden. Auf den Photographien Fig. 2 (Vergrösserung 1700) und 1b (Vergrösserung 1380) Taf. 5 sind derartige Globulitenschichten bei hoher, also in diesem Fall richtiger Einstellung wiedergegeben. Man erkennt die zusammengewachsenen Globuliten noch sehr wohl und bemerkt auch, namentlich in Fig. 2, dass hier und da zwischen Gruppen dieser Globuliten grössere rundliche Lückenräume bleiben, die natürlich bei der hohen Einstellung als dunkle Punkte erscheinen, woraus hervorgeht, dass auch hier in der mehr oder weniger verschmolzenen Globulitenmasse wabige Räume entstehen können. Dass es sich in diesen Strukturen wirklich um dicht zusammengelagerte, stärker lichtbrechende Kügelchen oder Globuliten handelt, geht aus der in Fig. 1a gegebenen tiefen Einstellung hervor, denn diese bietet im Vergleich mit der hohen 1b sicher die Charaktere des falschen Netzbildes dar. Sehr interessant erscheinen auf diesen beiden Photographien auch die Verhältnisse der Ränder, die nicht wohl anders gedeutet werden können, als dass sich die Globuliten hier ganz regelmässig, wenigstens in einer äusseren Reihe, gelagert haben, die aus senkrecht zum Rand geordneten Globuliten besteht. Die inneren Linien dagegen beruhen wohl sicher auf Diffraktion, die bei dem stark brechenden Salmiak und bei Untersuchung in Luft sehr ausgiebig ist. Der mittlere Durchmesser der Globuliten beider Photographien 1 und 2 beträgt übereinstimmend 1,4 μ.

Sehr eigenthümlich erscheint nun, dass auf gewissen Präparaten auch dichte Zusammengruppirungen von Salmiakgebilden vorkommen, welche im Allgemeinen ganz wie bedeutend grössere Globuliten erscheinen (s. die Photographie Taf. 5. Fig. 4 und 4a). In der Regel sind diese Gebilde ganz strukturlos; nur muss man sich hüten, die bei tiefer Einstellung stark hervortretenden und sich kreuzenden Diffraktionslinien der zahlreichen Zusammenstossungsgrenzen etwa für eine innere Struktur der Gebilde zu halten. Dennoch habe ich mich sicher überzeugt, dass zuweilen auch in diesen Gebilden noch eine Zusammensetzung aus einer Anzahl kleinerer Globuliten angedeutet ist. Die Grössenverhältnisse sind sehr verschieden und gehen abwärts bis zu jenen einfacher Globuliten. Diese Salmiakkörper stossen nun in einer Schicht dicht zusammen, wobei sich die benachbarten Körper polyedrisch abplatten, wie es die Figuren gut zeigen; die am Rand mehr oder weniger frei liegenden Körper sind dagegen abgerundet (s. Fig. 4). Es fiel mir nun bald auf, dass die Gebilde ganz so zusammenstossen, als wenn sie flüssige Tropfen wären, indem sich in jedem Eckpunkt nie mehr als drei Kanten vereinigen. Dadurch wurde natürlich auch die Frage nach den Winkeln, welche die drei Kanten an den Eckpunkten bilden, angeregt.

Genauere Ermittelungen darüber wurden theils in der Weise angestellt, dass die Kanten möglichst genau mit dem Zeichenapparat aufgezeichnet und dann die Winkel gemessen wurden (s. die nebenstehende Textfigur 31, welche eine solche Zeichnung darstellt), theils so, dass die Winkel mit einem auf ein Deckgläschen eingeritzten Fadenkreuz von 120 Grad direkt verglichen wurden. Dabei ergab sich, dass die Zusammenstossungswinkel immer 120 Grad betragen, soweit sich dies mit Sicherheit feststellen liess. Wie bei flüssigen Tropfen kommt nämlich die Schwierigkeit in Betracht, dass die Zusammenstossungskanten keineswegs immer gerade sind, vielmehr sehr häufig gebogen, was ja nothwendig ist, wenn die benachbarten Tropfen verschieden gross sind, da dann auch ihre Oberflächenspannung verschieden stark ist. In diesen Fällen handelt es sich also darum, die Tangentenwinkel an den Eckpunkten der drei gebogenen zusammenstossenden Kanten zu messen, was natürlich recht schwierig ist, namentlich wenn die Kanten selbst sehr klein sind. Wie gesagt, habe ich mich jedoch überall, wo die Messung mit Sicherheit ausgeführt werden konnte, überzeugt, dass die Winkel 120 Grad betragen. Hieraus folgt aber, dass die betreffenden Salmiakgebilde in dem Moment, wo sich ihre Zusammengruppirung bildete, wirklich flüssig gewesen sein müssen, denn eine derartige Anordnung kann nur auf diesem Wege entstanden sein.

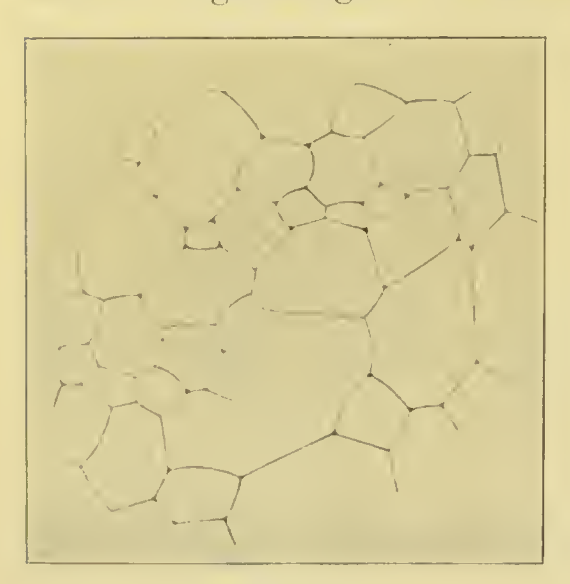


Fig. 31.

Salmiakkörperchen polyedrisch zusammenstossend, in Paraffinöl untersucht. Obj. 2. Oc. 12. Zeichenapparat.

Ueber die Entstehung der Gebilde konnte ich Folgendes ermitteln. Sie bilden sich an den vorkriechenden Rändern des Salmiaktropfens oder der Schichte von Salmiaklösung. Wie bekannt, zeigt gerade die Salmiaklösung die eigenthümliche Erscheinung des Auskriechens über die ursprünglichen Ränder der Lösung, für welche eine ganz plausible Erklärung noch nicht gegeben wurde. Die mikroskopische Beobachtung ergiebt, dass diese vorkriechenden Ränder aus dicht gelagerten, verworrenen Massen feiner Globuliten bestehen. Einen Flüssigkeitsrand, welcher etwa noch ausserhalb der Globulitenmasse vorhanden wäre, konnte ich nicht wahrnehmen. Nach einiger Zeit tritt dann in dieser Globulitenmasse eine Art Zusammenrücken oder, wohl richtiger, ein theilweises Verschmelzen der Globuliten zu den grösseren Gebilden auf, wobei die Zusammenstossungsgrenzen entstehen. Manchmal sah ich, dass am Rand der Globulitenmasse derartige Grenzlinien auftraten und von da nach Innen in die Masse hineinliefen. Im Allgemeinen nehmen die Gebilde vom Rand gegen Innen an Grösse zu. — Aus diesen Erfahrungen scheint mir hervorzugehen, dass auch die ursprünglich gebildeten Globuliten des vorkriechenden Randes noch flüssig sein müssen und dass durch deren Verschmelzung die grösseren, im Moment ihrer Bildung gleichfalls noch flüssigen Gebilde entstehen.

Neben zerstreuten isolirten Globuliten findet man in sehr dünnen Präparaten auch vielfach einfache bis reich verzweigte Reihen von Globuliten, innerhalb welcher die einzelnen, ohne Zusammenhang, in geringer Entfernung von einander angeordnet zu sein scheinen. Im Hinblick auf früher Bemerktes und gleich noch anzu-

führende Erfahrungen, möchte ich jedoch annehmen, dass die Globuliten solcher Reihen doch untereinander verbunden sind, aber durch so feine Fädchen oder Globulitenreihen, dass sie sich der Beobachtung entziehen. Nicht selten findet man auch Krystallitengebilde, welche deutlichst aus der Verschmelzung gereihter Globuliten entstanden sind, wie wir es schon bei den früher geschilderten Salzen bemerkten. Ein sehr instruktives Beispiel dieser Art zeigt Photographie Taf. 5 Fig. 8 (Vergr. 1380) bei hoher Einstellung. Die Globuliten erscheinen deshalb hell glänzend mit dunklem Saum und ihre durchschnittliche Grösse berechnet sich auf 0,9 μ. Aehnliche Verhältnisse bietet auch die Photographie 6 Taf. 5 bei tiefer Einstellung und derselben Vergrösserung. Dass bei dem Weiterwachsen solcher Bildungen auch maschige, Hohlräumchen einschliessende Gerüste entstehen können, dürfte aus der Betrachtung der Fig. 8 genügend hervorgehen.

Die beiden erwähnten Figuren zeigen ferner, dass auch die Zwischenräume zwischen diesen Krystalliten nicht ohne Struktur sind. Namentlich geht dies aus Fig. 6 ganz entschieden hervor. Neben zerstreuten einzelnen Globuliten bemerkt man nämlich noch zahlreiche, bei der tiefen Einstellung helle, also schwächer lichtbrechende Stellen, welche vielfach auch zu maschigen Gruppen vereinigt sind. Ja es macht überhaupt den Eindruck, als wenn alle Zwischenräume in dieser Weise von einem, z. Th. nur grade angedeuteten Maschenwerk ausgefüllt seien. Auch Fig. 8 bestätigt dies in gewissem Grade, da hier bei der hohen Einstellung eine grössere Zahl runder dunkler Punkte auftreten, welche den schwächer brechenden hellen Stellen der Fig. 6 entsprechen müssen. Durch diese und ähnliche Erfahrungen komme ich auch hier zur Ueberzeugung, dass sich zwischen den anscheinend isolirten Krystalliten und Globuliten noch eine ganz dünne Salmiakschicht ausbreitet, ja es scheint mir ferner sehr wahrscheinlich, dass diese äusserst dünne Schicht eine maschige Struktur hat.

Dass auch grössere krystallskelettartige Bildungen z. Th. noch eine Zusammensetzung aus Globuliten erkennen lassen, erläutert Photographie 7 Taf. 5, welche in mancher Beziehung an die bei übermangansaurem Kali geschilderten Erfahrungen erinnert.

Oben wurde gelegentlich erwähnt, dass sich in den beschriebenen Strukturen hier und da auch kleine Lücken bilden können, die bei reicherem Auftreten das Entstehen eines maschig-wabigen Baues veranlassen. Dementsprechend trifft man in solchen Präparaten zuweilen, wenn auch nicht häufig, ganz entschieden maschig-wabige Strukturen, z. Th. sogar in recht schöner Ausbildung. Aehnlich wie die oben erwähnten Globulitenlagen finden sich derartige Lagen gewöhnlich als Ausfüllung zwischen den Ausläufern der Krystallskelette. Letztere sind meist in der Weise gebildet, dass von einem mittleren Stamm nach beiden Seiten senkrecht gerichtete Ausläufer abgehen, wie es etwa auf Taf. 5, Fig. 3 zu sehen ist. Als Ausfüllungsmasse zwischen diesen seitlichen Ausläufern, seltener dagegen auch im mittleren Stamm, finden sich die zu schildernden maschigen Strukturen. Ein Bild derselben geben die Photographien Taf. 6 Fig. 1 und 2 bei 780facher Vergrösserung sowie die Textfiguren 32 und 33. Dass es sich wirklich um Lückenräumchen handelt, lässt sich ganz sicher feststellen, da die Maschen gar nicht allzu klein sind (in den beiden Photographien 1 und 2 ca. 1,5 μ) und auch häufig in anscheinend homogenen

Partien vereinzelt vorkommen, wobei sich bestimmt erkennen lässt, dass es sich um ganz schwach lichtbrechende Räumchen handelt. Wie die beiden Photographien und die Textfiguren zeigen, sind die Maschen häufig ganz hübsch geschichtet, wobei die einzelnen in den aufeinanderfolgenden Schichten mehr oder weniger deutlich alterniren. Diese Schichten laufen bald quer zu den benachbarten Ausläufern der Krystallskelette, bald dagegen diesen parallel, wie es auf Textfigur 32 etwas, aber wenig schematisirt dargestellt ist. Dass sich auch Neigung zu konzentrischer Schichtung stellenweise entwickeln kann, lehrt die gleiche Figur und Textfigur 33, wo um einen nicht deutlich strukturirten Kern eine Neigung zu konzentrischer Anlagerung der Maschen auftritt. Besonders eigenthümlich und interessant trat jedoch diese Neigung zu konzentrischer Schichtung und damit Sphärenbildung bei einem Präparat hervor. Auch hier handelte es sich wiederum um maschige Ausfüllungsmasse der ziemlich engen Zwischenräume zwischen Ausläufern der Krystallskelette. In der Mitte dieser Ausfüllungsmasse waren aber eine grössere Anzahl rundlicher bis etwas elliptischer Kerne hintereinander gereiht, von meist nicht klarer Struktur, um welche sich die benachbarten Maschenreihen bogig konzentrisch herumlagerten, indem sie mit der Entfernung von den Kernen immer gerader verliefen. Fig. 3 auf Taf. 6 giebt eine Vorstellung von diesem Verhalten (Maschendurchmesser = 2,5 μ). In meinem vorläufigen Bericht von 1894 habe ich auf Taf. 4 Fig. 7 eine ähnliche Stelle wiedergegeben, die ich deshalb hier nicht reproduzirte und welche die allgemeine Erscheinung noch besser zeigt. Da man nun auch in den Kernen zuweilen eine Andeutung konzentrischer Schichten wahrnimmt, so scheint die Deutung durchaus zulässig, dass hier in der That Anfänge von Sphärenbildungen vorliegen, die in einer Reihe hintereinander folgen und die bei der Anlagerung weiterer Schichten unter einander zusammengewachsen sind. Von Interesse ist nun, dass diese deutlich maschigen Schichtungen ganz allmählich in die feineren Schichtungen übergehen, welche man nicht selten in Theilen der Krystallskelette trifft (siehe z. B. Fig. 9 Taf. 6) und an denen sich keine Maschenbildung oder doch höchstens Spuren davon nachweisen lassen.



Fig. 32.

Salmiak. Wabige Ausfüllungsmasse zwischen zwei Ausläufern eines Krystallskeletts. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung tief.



Fig. 33.

Salmiak. Wabige Ausfüllungsmasse zwischen zwei Ausläufern eines Krystallskeletts. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung tief.

Dass die geschilderte maschige Struktur kein Oberflächenrelief ist, lässt sich nicht schwer nachweisen; sie liegt vielmehr in der Tiefe der Schicht. Man erkennt dies häufig daran, dass man dachartige Firsten, wie sie die Krystallskelette gewöhnlich bilden, über die Struktur hinwegstreichen sieht.

Man könnte nun auch vermuthen, dass manche der im Vorhergehenden beschriebenen Strukturen möglicherweise auf theilweiser Zerstörung früherer beruhten,

da ja Salmiak flüchtig ist und schon aus diesem Grunde so dünne Schichten vielleicht allmählich zerstört würden. Ich habe daher einige Versuche in folgender Weise gemacht. Die dünne Salmiakschicht solcher Präparate auf dem Objektträger wurde angehaucht und dadurch gelöst. Wenn man dabei schnell unter dem Mikroskope untersucht, so kann man gut verfolgen, dass bei der Auflösung der Skelette und Krystalliten kein Zerfall in einzelne Globuliten stattfindet, sondern ein ganz allmähliches Abschmelzen von aussen gegen das Innere. Verfolgt man nun das Eintrocknen direkt unter dem Mikroskope, so sieht man nicht etwa ein langsames Auskrystallisiren, ein Auftreten von Globuliten, die sich allmählich vereinigen, sondern die beschriebenen Krystallitenbildungen, von häufig grosser Ausdehnung, treten wie mit einem Schlag hervor; man überzeugt sich gleichzeitig, dass alle geschilderten Strukturen sofort nach dem Eintrocknen vorhanden sein können, dass sie also nicht von theilweiser Zerstörung anderer Strukturen herrühren.

Im Vorhergehenden war schon von der Schichtung die Rede, welche an den Krystallskeletten gelegentlich schön zu sehen ist. Im Zusammenhang damit konnte nun noch ein bemerkenswerthes Verhalten beobachtet werden. Zuweilen findet man nämlich Stellen in den Krystallskeletten, wo der oben erwähnte Mittelstamm aus hintereinandergereihten viereckigen Stücken besteht, von welchen die Ausläufer nach beiden Seiten abgehen. Eine solche Bildung ist auf Fig. 3 Taf. 6 zu sehen. Die Oberfläche der viereckigen Axialgebilde, die auch streckenweise mit einander inniger verschmolzen sein können, ist, wie schon die Betrachtung der Fig. 3 lehrt, mehr oder weniger konvex emporgewölbt, ebenso wie ja auch die seitlichen Ausläufer dachartig aufsteigen. Dafür spricht auch die Erfahrung, dass die Axialgebilde bei hoher Einstellung Bilder der Irisblende geben, also als Konvexlinsen wirken.

Die Axialgebilde zeigen nun z. Th. sehr schön eine feine konzentrische Schichtung, welche auf der Fig. 3 leider nicht recht deutlich hervortritt. Wie die genauere Untersuchung ergiebt, liegt die Schichtung nicht auf der Oberfläche, sondern tritt erst bei etwas tieferer Einstellung deutlich hervor. Auch die Beobachtung, dass man stellenweise andere Reliefzeichnungen der Oberfläche über die Schichten hinweglaufen sieht, spricht für diese Erfahrung. Dagegen vermag ich nicht zu sagen, ob die Schichtung wirklich durch die ganze Dicke der Axialgebilde hindurchgeht. Während nun diese Axialgebilde z. Th. ganz solide sind, sind andere entschieden hohl, indem in ihrem Centrum bei tiefer Einstellung ein dunkler Kern auftritt, um welchen die Schichtung konzentrisch verläuft. Die genauere Untersuchung, namentlich auch die der Bilderzeugung durch solche Kerne, hat nun ergeben, dass es sich in den meisten Fällen um halbkugelige Hohlräume handelt, welche von der unterliegenden Glasfläche aus in die Axialgebilde aufsteigen, selten dagegen um kugelige Hohlräume, welche im Innern der Axialgebilde eingeschlossen sind. Bei ineinandergeflossenen Axialgebilden sieht man zuweilen auch, dass diese Hohlräume ebenfalls untereinander zusammenhängen. Wurden die konzentrisch geschichteten Axialgebilde zwischen gekreuzten Nicols untersucht, so gaben sie interessanter Weise ein schönes, der Lage nach den Polarisationsebenen der Nicols entsprechendes Kreuz, wobei auch

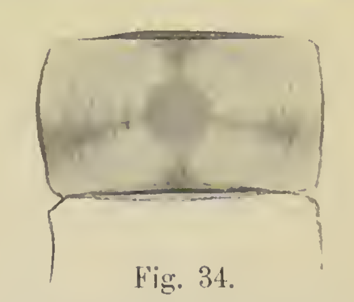


Fig. 34.

Salmiak. Konzentrisch geschichtetes Axialgebilde eines Krystallskeletts zwischen gekreuzten Nicols. Das dunkle Centrum ist ein Hohlraum.

die Schichtung viel schärfer hervortrat. Der centrale Hohlraum blieb, wenn vorhanden, dunkel. Fig. 34 zeigt ein solches Gebilde unter diesen Verhältnissen. Wurde das Gypsplättchen erster Ordnung eingeschaltet, so trat eine entsprechende Farbenwirkung, analog der eines negativen Sphärokrystalles, sehr hübsch auf, wie es Fig. 1 Taf. 23 zeigt.

Diese Erscheinung musste natürlich Erstaunen erregen, da Salmiak dem regulären Krystallsystem angehört, also einfach brechend ist und keine Polarisationserscheinungen erwarten lässt. Die weitere Untersuchung ergab denn auch, dass es sich nicht um innere Polarisation, sondern um Oberflächenwirkung handeln muss; denn die Erscheinung schwand ganz oder fast ganz, wenn das in Luft untersuchte Präparat in Damarlack aufgestellt wurde. Nur da, wo sich in den Axialgebilden einer der erwähnten Hohlräume (ob mit Luft erfüllt?) erhalten hatte, war auch von den Farben noch etwas zu sehen. Hieraus geht hervor, dass es sich um Oberflächenwirkung handelt, die jedoch in irgend einem Zusammenhang mit der konzentrischen Schichtung stehen muss, also wohl um eine ähnliche Erscheinung, wie wir sie früher von den konzentrischen Sprüngen in Eiweiss geschildert haben (s. p. 34). Wie die Verhältnisse jedoch eigentlich liegen, lässt sich einstweilen nur vermuthen. Für das Wahrscheinlichste möchte ich halten, dass die Schichten auf der Unterfläche der Axialgebilde reifenartig vorspringen und daher ähnlich wirken, wie Sprünge oder Kritzer in Glas, was früher erörtert wurde (s. p. 33). Denn dass es sich um tiefer eindringende konzentrische gaserfüllte Lagen zwischen den Schichten handelt, halte ich bei dem raschen Verschwinden der Erscheinung in Damar nicht für wahrscheinlich.

7. Untersuchungen an kohlensaurem Kalk.

Da durch die Untersuchungen von Ehrenberg, Link, Harting, Vogelsang, Famintzin, Hansen, Leitgeb, Nathusius und Anderen schon lange bekannt ist, dass gerade der kohlensaure Kalk besonders zu sphäritischen Bildungen neigt, so richtete ich mein Augenmerk auch auf diesen Körper; um so mehr, als die grosse Uebereinstimmung des Baues der Calcosphäriten mit dem der Stärkekörner mehrfach betont wurde.

Famintzin (1869) hatte solche, den Stärkekörnern ähnliche Calcosphäriten mit ganz konzentrirten Lösungen von Chlorcalcium und kohlensaurem Kali, die er in einer feuchten Kammer, an der Unterseite eines Deckglases, zusammenbrachte, dargestellt. Deshalb versuchte auch ich zuerst mit konzentrirten Lösungen der beiden Salze zu arbeiten, indem ich zwei Tröpfchen der Lösungen dicht neben einander auf einen Objektträger brachte, dann ein dünnes Deckglas, das mit Wachsfüsschen versehen war, auflegte, so dass die Tropfen sich vereinigten, und endlich den Rand des Deckglases, zur Verhütung weiterer Verdunstung, meist mit Paraffin verschloss[1]). Es ergab sich aber sofort, dass konzentrirte Lösungen zur

[1]) Wie ich nachträglich fand, hat schon Leitgeb (1888 p. 346) bei seinen Versuchen in ähnlicher Weise operirt. Seine Ergebnisse stimmen daher auch in mancher Hinsicht mit den meinigen überein; auch die Umkriechung des Chlorcalciums durch das kohlensaure Kali wird von ihm angedeutet.

Erzeugung von Sphäriten sehr wenig geeignet sind, dass vielmehr halbverdünnte gute Resultate ergeben. Wenn Famintzin mit konzentrirten Lösungen reichlich Sphäriten erzielte, so rührte das wohl daher, dass er mit hängenden Tropfen in der feuchten Kammer arbeitete, auf deren Boden sich Wasser befand, wobei die beiden stark wasseranziehenden Lösungen sich allmählich verdünnen mussten.

Ganz kurz mögen hier doch die Ergebnisse beim Zusammenbringen der beiden konzentrirten Lösungen mitgetheilt werden. Bei der Berührung beider Tropfen bildet sich sofort eine sehr dünne durchsichtige, aber jedenfalls ziemlich feste Niederschlagsmembran, wie schon Famintzin berichtet. Eine solche Membran entsteht auch, wenn man in einem Reagenzglas konzentrirte Lösung von Chlorcalcium auf konzentrirte Lösung von kohlensaurem Kali aufgiesst; sie verhindert eine Vermischung der beiden Lösungen völlig, und selbst nach 15 Stunden hatten sich nur in dem Chlorcalcium einige weitere aufsteigende Membranen gebildet, während das untenstehende kohlensaure Kali ganz klar geblieben war. Hieraus, wie auch aus der Untersuchung der vereinigten Tropfen, geht jedenfalls hervor, dass die Diffusion durch die Membran sehr langsam geschieht.

Irgend eine sichere Struktur konnte ich an der äusserst dünnen Membran weder in Flächenansicht noch im optischen Durchschnitt beobachten, obwohl hie und da eine Andeutung globulitischen Wesens bemerkbar war; nur da, wo sie sich an das Deckglas ansetzte, trat allmählich eine granuläre Beschaffenheit auf, die wohl von globulitischen Auflagerungen herrührte. Faltenartige Streifen in der Haut blieben hinsichtlich ihrer Bedeutung zweifelhaft. Auf der, gegen das kohlensaure Kali gerichteten Seite der Membran waren sehr kleine stäbchenartige quergestreifte Gebilde auf- oder eingelagert, welche noch das Eigenthümliche zeigten, dass sie in der Regel zu zweien dicht und parallel neben einander lagen, also gewissermassen Doppelstäbchen bildeten. Auch halbmondförmige gekrümmte, im übrigen wohl ähnliche Gebilde fanden sich vor, sowie ziemlich häufig rundliche Körperchen, die deutlich gegen das kohlensaure Kali vorsprangen.

Nach einiger Zeit traten im kohlensauren Kali kleine hexagonale Plättchen auf, während sich die Membran auf der, nach dem Chlorcalcium gerichteten Seite mit blättchen- bis nadelartigen Auswüchsen bedeckte, die nicht deutlich krystallinisch waren. Letztere wuchsen allmählich zu blumenkohlartigen Gebilden aus. Doch geschieht dies sehr langsam, wie denn die Diffusion durch die Membran überhaupt äusserst langsam vor sich gehen muss. Nach 5 Tagen hatten sich die sechsseitigen Plättchen in dem kohlensauren Kali nur wenig vermehrt, dagegen waren die Auswüchse gegen das Chlorcalcium stärker, wenn auch nicht sehr energisch gewachsen und zu nadelartigen Kryställchen entwickelt von anscheinend rhombischer Form. Auf diese Weise war ein ziemlich dicker krystallinischer Ueberzug auf der Seite gegen das Chlorcalcium entstanden.

Das Präparat blieb hierauf lange Zeit unbeachtet stehen. Ich werde später über die Bildungen berichten, die darin allmählich aufgetreten waren.

Mit den halbverdünnten Lösungen wurden zahlreiche Versuche in gleicher Weise angestellt. Die ersten Vorgänge verlaufen in ähnlicher Art, unter Bildung einer Niederschlagsmembran zwischen den vereinigten Tropfen; doch ist diese noch feiner wie bei konzentrirten Lösungen und zeigt nichts von den eigenthümlichen

Gebilden der letzteren. Eine Struktur der Membran wurde nicht sicher erwiesen, obgleich es gelegentlich schien, als wenn der optische Durchschnitt aus einer einfachen Schicht von Waben oder Globuliten bestünde, was genauer zu entscheiden nicht möglich war. Doch achtete ich auch auf den Bau der Membran nicht viel, wegen der sofort beginnenden weiteren interessanten Vorgänge. In dem kohlensauren Kali beginnt nämlich sofort die Bildung sehr durchsichtiger runder und äusserst dünner Scheiben (s. Textfig. 35). Die Scheiben liegen theils auf dem Objektträger, theils haften sie an der Unterseite des Deckglases; hie und da hat man auch Gelegenheit, sie von der schmalen Seite zu sehen, wobei sich ergiebt, dass sie äusserst dünn sind und daher im optischen Durchschnitt wie schmale Nadeln erscheinen. Ihre Grösse ist sehr verschieden; von den kleinsten findet man Uebergänge bis zu relativ recht grossen; auch kann man sich bestimmt überzeugen, dass die Scheiben wachsen. Neben vollkommen kreisrunden Scheiben, deren Weiterbildung gleich besprochen werden soll, findet man auch ähnlich dünne und blasse hexagonale Platten, die sich bei einem der genauer verfolgten Versuche zuerst am weitesten entfernt von der Membran zeigten. Zwischen den Scheiben und diesen regelmässig sechseckigen Platten bestehen nun alle Uebergänge, was gewiss nicht ohne Interesse ist, da die regelmässigen Platten einen entschieden krystallinischen Umriss haben. — Während es mir bei den anfänglichen Versuchen schien, dass die runden Scheiben bei weiterem Wachsthum allmählich in hexagonale Platten übergehen können — hauptsächlich deshalb, weil man in späteren Stadien an Stellen, wo früher runde Scheiben lagen, ausschliesslich grosse hexagonale Platten fand — schien dagegen bei späteren Versuchen, bei denen vorwiegend Sechsecke entstanden, dass auch die Scheiben bei ihrem ersten Entstehen sechseckig sind und sich beim Weiterwachsen abrunden. Ich halte es nicht für ausgeschlossen, dass beide Beobachtungen richtig sind.

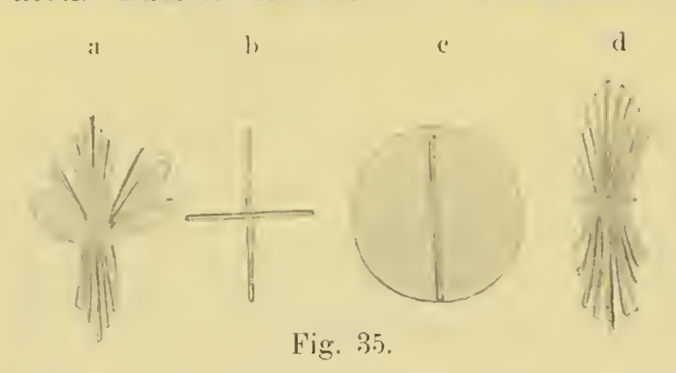


Fig. 35.

Kohlensaurer Kalk. Dünne kreisrunde Scheiben. a und d büschelige Anfwachsung kleinerer Scheiben auf die Fläche der ursprünglich mittleren. Optischer Durchschnitt c Flächenansicht einer Scheibe, die von einer zweiten, darauf senkrechten durchwachsen ist. b eine solche Durchwachsung zweier Scheiben im optischen Durchschnitt. Obj. 2. Oc. 12.

Sowohl in den Scheiben wie in den Sechsecken bemerkt man bei Flächenbetrachtung häufig einen etwas unregelmässigen Kern, mit Andeutung einer Zeichnung, die wie unregelmässige Schichtung erscheint. Auch wurde bemerkt, dass dieser Kern an Grösse zunahm. Die weitere Verfolgung ergab aber wohl sicher, dass es sich nicht um einen eigentlichen Kern, d. h. um eine besonders geartete centrale Partie der Scheiben oder Sechsecke handelt, sondern um oberflächlich auf ihnen liegende Formationen, die davon herrühren, dass an die ursprüngliche Scheibe weitere, in gewisser gesetzmässiger Weise anwachsen. Hierüber gewähren also schiefe Ansichten und optische Durchschnitte den besten Aufschluss. Gelegentlich findet man Scheiben, auf welchen jederseits eine Halbscheibe senkrecht aufgewachsen ist, so dass sich gewissermassen zwei Scheiben in senkrechter Stellung zu einander durchdringen (s. Textfig. 35 b u. c). Andererseits findet man aber namentlich Gebilde, wo auf beiden Seiten einer mittleren ursprünglichen Scheibe, die auch

den ansehnlichsten Durchmesser hat, eine Anzahl weiterer Scheiben, in nahezu gleichgerichteter Lage mit der Hauptscheibe, aufgewachsen sind, so dass der optische Durchschnitt etwa das Bild der Textfig. 35a bietet. Einen ähnlichen Bau zeigt auch der optische Durchschnitt Textfig. 35 d, nur leitet er sich wohl von einer Ausgangsform wie Fig. 35 b ab. Dass letztere häufiger zu solchem Wachsthum den Ausgang bietet, zeigen Formen, bei welchen sich gewissermassen zwei Scheibenbüschel rechtwinkelig durchdringen. Dass an den einzelnen Scheiben derartig zusammengesetzter Bildungen zuweilen auch eine Andeutung konzentrischer Zeichnung auftritt, ist auf Fig. 35 a zu sehen.

Ganz seltsam erscheint, dass man zuweilen auf einzelnen Scheiben deutliche spiralige Linien bemerkt. Ich habe einen solchen Fall auf Textfig. 36 wiedergegeben, der um so eigenthümlicher ist, als es sich hier um zwei theilweise verwachsene Scheiben handelt, deren Randkontur an einer Stelle in eine Spirale ausläuft, wobei die beiden Spiralen gewissermassen parallel ineinander ziehen.

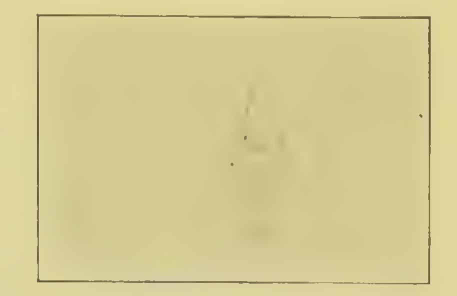


Fig. 36.
Kohlensaurer Kalk. Zwei randlich zusammengewachsene Scheiben von der Fläche, mit eigenthümlich spiraliger Bildung. Obj. 2. Oc. 12.

Das Verhalten der Scheiben und Sechsecke im polarisirten Licht wurde leider nicht untersucht, doch möchte ich, aus später zu erwähnenden Gründen, eher vermuthen, dass sie nicht polarisiren.

Erst nach einiger Zeit beginnt die Bildung von Calcosphäriten und zwar stets auf der Seite des $CaCl_2$, wie schon Famintzin und Leitgeb beobachteten. Zunächst bemerkt man, dass an den beiden Enden der Zusammenstossungslinie der Tropfen, also an den Enden der Niederschlagsmembran, welche die Tropfen trennt, das kohlensaure Kali langsam vorzukriechen beginnt und allmählich immer weiter und weiter den $CaCl_2$-Tropfen umkriecht. Dies kann nach längerer Zeit schliesslich dazu führen, dass der $CaCl_2$-Tropfen nahezu völlig oder ganz von dem Kali umkrochen ist. Gleichzeitig bildet sich in der vorgekrochenen Flüssigkeit ein äusserst feiner, gelatinöser Niederschlag, welcher das Vorkriechen wohl wesentlich unterstützt, obgleich zu sehen ist, dass der Niederschlag in geringer Entfernung vom Flüssigkeitsrand aufhört. Die Beschaffenheit des Niederschlags zu ermitteln, ist ungemein schwierig, da seine Struktur, wie gesagt, äusserst fein ist. Bei Untersuchung mit den stärksten Vergrösserungen erscheint er ungemein fein granulär, ohne dass sich mit Sicherheit entscheiden liesse, ob es sich um eine ganz fein globulitische oder eine wabige Struktur handelt. Als rein globulitisch lässt sie sich aber gewiss nicht bezeichnen; zum mindesten müsste es sich um eine globulitisch-wabige Struktur handeln, d. h. um äusserst feine, zu einem wabigen Gerüst verschmolzene Globuliten. Hie und da treten auch schön feinstreifige bis strahlige Partien in dem Niederschlag auf. Ich habe mir notirt, dass die Bildung des Niederschlages den Eindruck machte, als wenn zunächst homogene Tropfen entstünden und sich vergrösserten, welche darauf sofort eine Umwandlung in den globulitisch-wabigen Zustand erführen. Damit in Verbindung steht ferner wohl, dass man an den Rändern der vorgekrochenen Partie stets eine eigenthümliche zittrige Bewegung wahrnimmt.

Dieser gelatinöse Niederschlag, von dessen möglicher Beschaffenheit später noch einmal die Rede sein wird, ist zweifellos das, was Harting (1872 p. 5) als die molekuläre und flockige Umbildung (B) des ursprünglich gelatinösen diaphanen Niederschlags bei Vermischung konzentrirter Lösungen von Kalksalzen und kohlensauren Alkalien bezeichnet. Der ursprüngliche gelatinöse Niederschlag (A), welcher nach seiner Beschreibung bei der Vermischung entsteht, dürfte dagegen wohl auf die Bildung zahlreicher Niederschlagsmembranen zurückzuführen sein, da Harting selbst bemerkt, dass er aus zahlreichen diaphanen Membranen bestehe. Ebenso entspricht dieser Niederschlag dem von Vogelsang (1895, p. 82) als ersten „körnig amorphen“ bezeichneten.

Einige Zeit, nachdem der Niederschlag entstand und eine gewisse Ausbreitung um den $CaCl_2$-Tropfen erlangte, beginnt in ihm die Bildung von Calcosphäriten und zwar, soweit ich verfolgen konnte, in der Regel am Rande gegen das $CaCl_2$ und in geringer Entfernung von der Niederschlagsmembran oder gelegentlich auch dicht daneben in der $CaCl_2$-Lösung. Die ersten Anlagen zeigen sich als minutiöse stärker lichtbrechende Körnchen, die rasch heranwachsen (Harting 1872). Das Wachsthum lässt sich unter dem Mikroskop auf das Klarste verfolgen, was auch schon Leitgeb (1888, p. 346—347) sehr richtig beobachtete und betonte. Ebenso hat Nathusius (1890, p. 620), wie schon früher Harting, aus den Zwillingsbildungen der Calcosphäriten geschlossen, „dass im Ganzen die Vergrösserung der Calcosphäriten durch Schichtenansatz von aussen stattfindet“. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Textfig. 37, welche sowohl über die Schnelligkeit der Grössenzunahme als über die Zeitverhältnisse genügenden Aufschluss gibt. Ebenso lässt sich auf diese Weise ganz bestimmt nachweisen, dass alle zusammengesetzten Sphäriten durch Zusammenwachsen ursprünglich getrennter entstehen.



Fig. 37.

Kohlensaurer Kalk. Drei Wachsthumsstadien eines Doppelsphäriten in ca. 1/2 h. Frei in der Lösung des $CaCl_2$ Obj. 2. Oc. 12.

Wie schon Harting und Vogelsang erkannten, wird bei der Bildung der Calcosphäriten in oder an dem gelatinösen Niederschlag der letztere aufgezehrt, oder, wie Vogelsang (p. 82) sich auch ausdrückt, entstehen die Sphäriten, Krystalle, Krystalliten etc. durch eine Metamorphose des Niederschlags. Hierbei verhält sich nun nach meinen Erfahrungen der Niederschlag etwas verschieden. Gewöhnlich fand ich, dass um die entstehenden Calcosphäriten sehr bald eine kleine helle, also wohl zweifellos mit Flüssigkeit erfüllte Höhle auftrat, in welcher der Sphärit weiter heranwuchs, indem die Höhle sich gleichzeitig mehr und mehr vergrösserte und der umgebende Niederschlag allmählich gelöst wurde. Dass letzteres wirklich der Fall, liess sich auch erkennen, da man die Pünktchen des Niederschlags sich verkleinern und schliesslich ganz verschwinden sah. Demnach liegt hier dieselbe Erscheinung vor, wie sie bei der Bildung von Krystallen aus Globuliten so oft beobachtet und beschrieben wurde. Diese Art der Sphäritenbildung scheint die häufigere zu sein. — Daneben beobachtete ich gelegentlich auch eine direkte Bildung aus dem Niederschlag ohne Auftreten einer Höhle um den Sphärit. Der fein strukturirte Niederschlag scheint dabei direkt, unter Verdichtung, in die Masse des Sphäriten überzugehen.

Nicht uninteressant ist, dass gelegentlich der letzte Rest einer solchen Niederschlagspartie, welche sich bei der Bildung der Sphäriten fortgesetzt verkleinerte, nicht in die Sphäriten einbezogen wurde, sondern sich als eine nicht sehr deutlich wabigstrahlige Masse auf einer Seite der Sphäriten dauernd erhielt und keine weitere Veränderung erfuhr.

Ausser den Sphäriten, welche in oder dicht bei dem Niederschlag des Randes sich bilden, entstehen bald auch frei in der Lösung des $CaCl_2$ liegende. Wie zu erwarten, beginnt deren Bildung dicht neben der die Tropfen trennenden Niederschlagsmembran und zwar in deren ganzer Ausdehnung. Langsam schreitet die Entstehung der freien Sphäriten tiefer in die $CaCl_2$-Lösung hinein fort und noch an alten Präparaten lässt sich die allmählich fortschreitende Bildung deutlich verfolgen, indem diese freien Sphäriten mit der Entfernung von der Grenzmembran immer kleiner und kleiner werden, da die Bedingungen ihres Wachsens, welche vom Eindringen des kohlensauren Kali durch die Membran abhängen, mit der Entfernung von der Membran immer schlechtere werden. Auch auf der Fläche der Membran, die nach dem Chlorcalcium schaut, bilden sich eine Menge Sphäriten, die zuletzt mit den Seiten dicht zusammenwachsen, während sie in das $CaCl_2$ einseitig zu langen stalaktitenartigen Gebilden auswachsen. Auf der anderen Seite der Membran bilden sich in der früher (p. 111) angegebenen Weise krystallartige Auswüchse in das kohlensaure Kali hinein. Aus diesen Verhältnissen folgt, dass in der Nähe der Membran die Bedingungen für ein excentrisches Wachsthum der Sphäriten besonders günstig sind, was später noch genauer erörtert werden wird. Wie gesagt, wachsen die erwähnten freien Sphärite im $CaCl_2$ gleichfalls, aber viel langsamer als diejenigen, welche aus dem Niederschlag entstehen.

Ausser den Sphäriten bilden sich im $CaCl_2$ stets auch wirkliche Krystalle, wie schon die früheren Beobachter, namentlich Harting und Vogelsang beschrieben. Diese Krystalle sind entweder mehr oder weniger gut ausgebildete Rhomboëder (die meist etwas unvollständig sind, weil sie am Objektträger oder Deckglas haften), oder Kombinationen des Rhomboëders mit einigen anderen Flächen oder längliche prismatische Tafeln. Da ich später auf ihre Bildung noch zurückkommen werde, so sei hier nur erwähnt, dass wenigstens die Rhomboëder hauptsächlich in der Region des $CaCl_2$-Tropfens gebildet werden, welche von dem kohlensauren Kali am weitesten entfernt ist.

Nachdem im Vorhergehenden über die allgemeinen Vorgänge in den aufeinander wirkenden Tropfen kurz berichtet wurde, soll nun eine etwas eingehendere Beschreibung der in den fertigen Präparaten beobachteten Formationen, ihrer Strukturen etc. gegeben werden, indem zunächst die Sphäriten besprochen werden. Die Untersuchung der fertigen Präparate, d. h. solcher, bei denen die Einwirkung der beiden Tropfen aufeinander wenigstens 24 Stunden gedauert hatte, geschah theils direkt, theils gewöhnlich in der Weise, dass Deckglas und Objektträger von einander abgehoben und mit Wasser abgespült wurden, wobei ein ansehnlicher Theil der gebildeten Kalkformationen am Deckglas oder Objektträger haften bleibt. Hierauf wurden sowohl Deckglas wie Objektträger als gesonderte Präparate zunächst trocken aufgestellt und untersucht. Später habe ich dieselben Präparate in Kanadabalsam übergeführt, worin die Verhältnisse grossentheils noch ebenso schön zu beobachten sind wie in Luft.

Wir beginnen die Besprechung, ähnlich wie beim Inulin, mit den einfachsten und kleinsten der zu beobachtenden Gebilde, wobei ich gleich bemerke, dass die Ergebnisse den beim Inulin gewonnenen sehr ähnlich sind. Als die kleinsten und einfachsten Gebilde begegnet man mehr oder weniger reichlich Globuliten von verschiedenster Feinheit und nicht sicher bestimmbarem Durchmesser, welche sich in den Kanadabalsampräparaten dadurch auszeichnen, dass sie bei tiefer Einstellung einfach als dunkle Punkte erscheinen, bei hoher dagegen hell leuchtend werden. Auf den Photographien Taf. 18, 1 und 2, sieht man eine Anzahl solcher Globuliten bei tiefer Einstellung.

Ausser den feinsten Globuliten oder Gruppirungen solcher findet man nun stellenweise häufiger, hie und da sogar in grossen Mengen, sonst aber auch vielfach zerstreut, etwas grössere rundliche Gebilde, welche, ähnlich wie die entsprechenden des Inulins, ganz den Eindruck machen, als seien sie durch die Zusammengruppirung und theilweise Verschmelzung einiger Globuliten, unter Bildung eines kugeligen, nicht selten aber auch etwas unregelmässig eckigen hohlen Körperchens entstanden. Dass es sich wirklich um hohle Körperchen handelt, geht ganz sicher aus ihrem Verhalten bei verschiedener Einstellung hervor; bei tiefer Einstellung, wie sie die Photographien Taf. 18, 1 und 2, bei weit offener Blende und 2560-facher Vergrösserung, zeigen, ist das Innere der Körperchen hell mit dunkler Wand, die namentlich bei eckigen Körperchen in den Ecken dunkle knotige, globulitische Anschwellungen zeigt. Bei vorsichtiger hoher Einstellung wird das helle Innere dunkel und bei noch höherer erscheint das ganze Körperchen hell leuchtend, was mir sicher zu beweisen scheint, dass es sich wirklich um abgeschlossene Gebilde mit innerer, schwächer brechender Höhlung handelt. Diese Hohlkörnchen treten in ziemlich verschiedener Grösse auf. Aus den beiden Photographien Taf. 18, 1 und 2 folgt, dass der Durchmesser der einfachen Körperchen dieser Art bis etwa 1,6 μ steigt und andererseits bis auf 0,5 μ herabgeht. Nun lässt aber die Photographie 1 deutlich erkennen, dass die Körperchen hie und da noch kleiner und blässer werden und dass auch in den Lückenräumen zwischen den Gruppen der Körperchen noch eine sehr blasse feine Netzzeichnung vorhanden ist Aus diesem Grund vermuthe ich, dass sich auch hier zwischen den Globuliten und den Körperchen eine zusammenhängende Schicht findet, welche aus kleineren und blässeren Körperchen besteht, weshalb sie in der Regel strukturlos erscheint und übersehen wird. Dass wirklich eine solche Schicht von anscheinend ganz strukturloser Beschaffenheit vorhanden ist, muss ich noch aus anderen Anzeichen schliessen. Bei der Durchmusterung der Präparate fiel es mir nämlich zu meinem Erstaunen vielfach auf, dass hie und da grössere oder kleinere, schwächer lichtbrechende Lückenräume vorhanden waren, die nicht selten sogar einen regelmässig krystallinischen Umriss hatten, der zuweilen ganz dem eines Rhomboëders entsprach. Auch hieraus muss ich schliessen, dass sich eine dünne, anscheinend strukturlose Schicht von stärkerer Brechbarkeit wie Kanada zwischen den einzelnen Kalkgebilden auf dem Objektträger oder Deckglas ausbreitet und sie unter einander verbindet. Die Schicht ist natürlich nur da zu erkennen, wo geformte Kalkgebilde, wie Sphäriten, Krystalle oder dergl., aus ihr herausgefallen oder -gespült sind, wodurch die erwähnten, schwächer brechenden Lückenräume entstanden, welche das Vorhandensein der Schicht verrathen.

Die geschilderten kleinen Hohlkörperchen findet man nun ebenso wie bei dem Inulin nicht nur isolirt, sondern in mannigfachster Weise zu unregelmässigen Massen oder bestimmt geformten Gebilden vereinigt. Treten sie in unregelmässiger Weise zu grösseren Massen oder Lagen zusammen, wie es auf der Photographie Taf. 18, 1 an mehreren Stellen sehr deutlich ist, so entsteht ein gerüstartiges feines Wabenwerk, wie wir es ähnlich bei Inulin gefunden haben. Auf gewissen Präparaten habe ich solch' ein feines Maschenwerk auf ziemlich grosse Strecken entwickelt gesehen und seinen Charakter durch den Nachweis des hohen falschen Netzbildes sicher zu ermitteln vermocht.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten der hohlen Körperchen im polarisirten Licht. Ihrer Kleinheit entsprechend, ist die Polarisation gerade noch zu bemerken. Bei Anwendung eines Gypsblättchens erster Ordnung geben sie je nach ihrer Lage ganz schwache Additions- oder Subtraktionsfarben, erscheinen also blau oder gelb. An den kleinsten Körperchen kann man gerade noch eine Andeutung der Farbenwirkung wahrnehmen.

Vorhin wurde erwähnt, dass durch Vereinigung solcher Hohlkörperchen verschiedenartig geformte Kalkgebilde entstehen können. Natürlich findet man auch Vereinigungen in ganz unregelmässiger Weise und geringer Zahl, wie es ja aus der unregelmässig maschigen Verbindung, die schon besprochen wurde, folgt. Zwei, drei oder mehr Körperchen trifft man in dieser Weise vereinigt (s. Textfig. 38, 1). Ebenso häufig oder häufiger sind aber die regelmässigeren Vereinigungen. Einmal geschehen dieselben wie beim Inulin derart, dass sich um ein centrales Körperchen einige weitere mehr oder weniger regelmässig strahlig herumlegen, so dass eine kleine, einfachste Sphäre entsteht (s. Textfig. 38, 5). Andererseits kann aber eine einfachste Sphäre auch so gebildet werden, dass einige Körperchen sich direkt strahlig zusammen gruppiren, wobei das Centrum durch einen globulitenartigen Knotenpunkt gebildet wird (s. Textfig. 38, 7). Das weitere Auswachsen solcher Sphärenanfänge soll gleich besprochen werden.

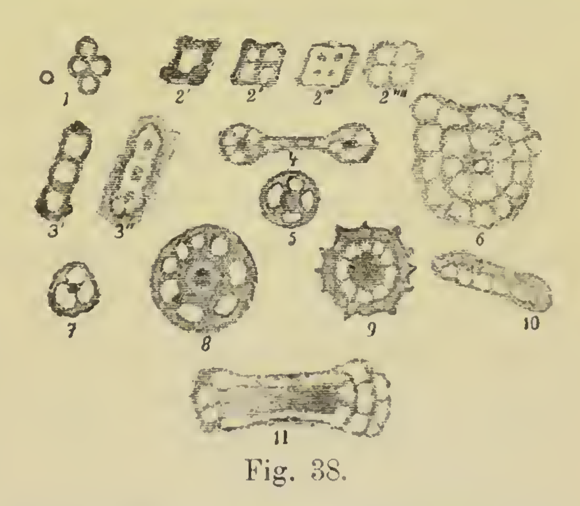


Fig. 38.

Kohlensaurer Kalk. Vereinigung kleine Hohlkörperchen zu verschiedenartigen zusammengesetzten Gebilden. In Kanadabalsam. Obj. 2. Oc. 12 und 18. 1 einfaches Körperchen und Gruppe von vieren. 2′—2‴ Vereinigung von vier zu rhombischem Gebilde, 2′ sehr tief, 2″ weniger tief, 2‴ eben hoch, 2⁗ höher eingestellt. 3′—3″ stäbchenartige Vereinigung, 3′ tief, 3″ hoch. 4 hantelartiges Gebilde. 5—9 einfachste Sphären. 10—11 stäbchenartige Gebilde, 10 sicher doppelreihig. 4—11 tiefe Einstellung.

Eine zweite häufige Form der Vereinigung ist die reihenförmige, bei der sich zwei, drei oder auch mehr Körperchen in einer Linie neben einander reihen und verwachsen, wodurch ein minutiöses stäbchenartiges Gebilde entsteht, welches nach Aussehen und Struktur lebhaft an einfachste Bakterien erinnern kann (s. Textfig. 38, 3 u. 10). Interessant ist, dass solche Stäbchen nicht selten zu sphäritischem Wachsthum übergehen, indem um die Enden eine sphärische Gruppirung weiterer Körperchen beginnt, wie es in Textfig. 38, 4 dargestellt ist. So entstehen die kleinen hantelförmigen Gebilde, welche man recht häufig trifft und die bei ihrem Weiterwachsen zu mehr oder weniger bisquitförmigen Doppelsphären werden. Anderseits kann die Bildung solcher Doppelsphären

auch von einer ganz frühen Vereinigung zweier kleinster Sphären der oben beschriebenen Art ausgehen. In allen diesen Dingen herrscht grosse Mannigfaltigkeit. Wachsen solche stäbchenartigen Gebilde weiter, ohne dass sich deutliche Sphären an ihren Enden entwickeln, so entstehen garbenartige Gebilde, von denen Textfig. 38, 11 ein einfaches darstellt, an dem die Struktur und Bildungsgeschichte zu erkennen ist; doch kommen auch viel grössere von entsprechendem Bau vor.

Solch' einfache Sphärengebilde liegen häufig dicht neben einander. In diesem Fall liess sich zuweilen erkennen, dass alle noch durch ein blässeres, unregelmässig strukturirtes Maschenwerk verbunden waren, in dem wir die Schicht erkennen, welche schon oben zwischen den vereinzelten Körperchen oder den unregelmässigen Massen derselben wahrgenommen wurde.

Die weitere Entwickelung der grösseren Calcosphäriten geht nun, ähnlich wie beim Inulin und den anderen seither beschriebenen Substanzen, in der Weise vor sich, dass sich um die einfachen Anfänge successive neue Schichten von Hohlkörperchen herumlegen (s. Textfig. 38, 6, 8, 9 und Taf. 7, Fig. 8). Geschieht dies in streng konzentrischer Anordnung, so entstehen die rein konzentrisch geschichteten Sphären, welche beim kohlensauren Kalk verhältnismässig selten sind und auch, wenn sie vorkommen, die Struktur nur selten durch ihre ganze Masse klar erkennen lassen. Dies hängt mit Verhältnissen zusammen, welche wir schon bei früheren Sphärenbildungen kennen lernten. Grössere, rein konzentrisch geschichtete Calcosphäriten zeigen nämlich immer einen Wechsel verschieden dichter und verschieden stark lichtbrechender, also heller und dunkler Schichten. Die radiärmaschige Struktur, welche dem oben erwähnten Bau entspricht, ist in den hellen Schichten, die in der Regel nur aus einer Maschenlage bestehen, meist gut zu erkennen. Die dunklen Schichten dagegen, welche häufig auch dicker werden, zeigen meist nur wenig von feinerer Struktur, sondern erscheinen nahezu homogen. Dennoch lässt sich an günstigen und namentlich sehr dünnen, d. h. nicht in die Dicke gewachsenen, sondern flach scheibenförmig gebliebenen Sphären vielfach sicher erkennen, dass auch die dunklen Schichten eine entsprechende Struktur besitzen (s. Taf. 7 Fig. 8), aber blässer und weniger deutlich; woraus ich, wie schon beim phosphorsauren Natron, schliessen muss, dass sie durch die Vereinigung von Körperchen entstanden sind, deren Hohlräume kleiner, deren Wände dagegen dicker sind. Die Begründung dieser Ansicht geht ebenso daraus hervor, dass auch die einfacheren, oben beschriebenen Gebilde die Strukturen sehr verschieden deutlich zeigen, wobei man sich überzeugen kann, dass dies einerseits mit der Grösse der Hohlräumchen, anderseits natürlich auch mit der Grösse der Hohlkörperchen selbst zusammenhängt. Natürlich wurden bei der oben gegebenen Beschreibung zunächst diejenigen Körperchen berücksichtigt, welche die Strukturen gut zeigen. Ich bin demnach auch für die dunklen Schichten der konzentrischen Calcosphäriten zur Ueberzeugung gekommen, dass sie nicht strukturlos sein können, sondern dass die Undeutlichkeit ihrer Struktur, sowie ihre stärkere Lichtbrechung auf den oben hervorgehobenen Gründen beruhen. — Wenn man an kleineren oder grösseren, gut strukturirten Sphäriten Gelegenheit hat, die Maschenstruktur benachbarter Schichten zu verfolgen, so wird man sich wohl überzeugen, dass die Maschen benachbarter Schichten mehr oder weniger alterniren, dass die Radiärbälkchen derselben sich nur ausnahmsweise in einander fortsetzen, dass also von Krystall-

nadeln, welche radiär um ein Centrum angeordnet sein sollen — eine gewöhnliche Auffassung dieser und anderer Sphäriten — keine Rede sein kann.

Nun könnte man aber auch die Ansicht aufstellen, dass die Radiärbälkchen, welche die Kämmerchen der deutlich strukturirten Schichten von einander trennen, radiär gerichtete Krystallnädelchen seien, welche sich zwischen aufeinanderfolgenden dunklen Schichten ausspannten. Dass eine solche Meinung irrig ist, lässt sich leicht nachweisen, wenn man die Flächenansicht einer solchen gut strukturirten hellen Schicht untersucht, wozu sich bei grösseren Sphäriten häufig Gelegenheit bietet. Man kann dann leicht konstatiren, dass es sich thatsächlich um einen Kämmerchenbau handelt, dass die einzelnen Kämmerchen oder wabenartigen Räumchen allseitig polygonal von relativ dicken Wänden umschlossen sind (s. Textfig. 39) und dass die Schicht bei vorsichtiger höherer Einstellung und geeigneter Dämpfung der Beleuchtung ein engeres falsches Netzbild giebt[1]). Bei Durchmusterung einer grösseren Anzahl solcher Bilder wird man aber nicht selten finden, dass die Maschenzeichnung des Flächenbildes ziemlich unregelmässig werden kann, dass vielfach Stellen vorkommen, wo benachbarte Maschen ineinandergeflossen erscheinen, wodurch mehr oder weniger mäandrische Zeichnungen entstehen.

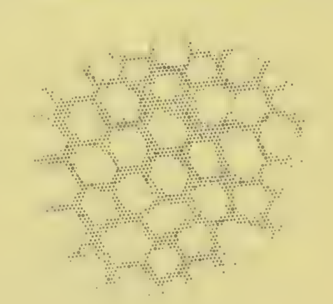


Fig. 39.

Kohlensaurer Kalk. Tiefe Einstellung auf die glatte Oberfläche einer grösseren Sphäre. In Kanada. Obj. 2. Oc. 12.

In der Regel wird die äussere Begrenzung eines solchen Sphäriten von einer dunklen Schicht gebildet, die nach aussen ganz glatt und scharf konturirt ist; doch begegnet man an manchen Stellen auch kleineren und grösseren Sphäriten, auf deren dunkler äusserer Schicht sich kleine, dornartige, radiärgerichtete Vorsprünge erheben (Textfig. 38, 9). Diese Vorsprünge machen durchaus den Eindruck einer in Bildung begriffenen hellen Schicht, von welcher nur die Radiärbälkchen, resp. die seitlichen Kämmerchenwände entstanden, dagegen der äussere Abschluss noch nicht hergestellt ist. Die Beurtheilung dieser Verhältnisse ist etwas schwierig, da wir oben gefunden haben, dass sich zwischen den Kalkgebilden noch eine feine, anscheinend strukturlose Schicht ausbreiten kann, was die Möglichkeit zulässt, dass auch diese scheinbar freien Radiärbälkchen doch schon sehr fein abgeschlossen sein könnten.

Den zweiten Typus der Sphäritenbildung, den strahligen, finden wir auch beim kohlensauren Kalk ungemein häufig, ja er herrscht bei Weitem vor. Namentlich die Sphäriten, welche frei in der $CaCl_2$-Lösung, längs der Niederschlagsmembran, entstehen, sind fast immer rein strahlig gebaut. Obgleich nun die meisten

[1]) Allein bei Nathusius (1890 p. 667, Fig. 19 Taf. 28) finde ich einen Hinweis auf das häufig sehr gut zu beobachtende Bild der Oberfläche der Calcosphäriten. Er bemerkt hierüber: „Dagegen ist das in Fig. 19 abgebildete Vorkommen häufig, dass nämlich beim allmählichen Heben des Tubus auf dem Scheitel des Körperchens eine deutliche und ziemlich regelmässige, helle Punktirung auf dunklem Grunde erscheint, welche bei weiterer Hebung dunkel auf hellem Grunde steht (Fig. B) und auf Grübchen zu deuten wäre, wenn nicht die sich im Profil ergebende Glätte der Oberfläche diese Deutung ausschlösse. Es dürften also schwächer lichtbrechende Körnchen oder Prismen sein. Diese wären, wie in der Zeichnung von A angedeutet ist, in der äusseren Schicht enthalten; da letztere aber kaum 3 μ dick ist, so ist nicht mit Sicherheit zu entscheiden, welches von Beiden vorliegt". Hieraus ergiebt sich, dass Nathusius sicher die gleiche Erscheinung beobachtete, die ich hier und bei anderen Sphären (s. unten bei d. Stärke) nachzuweisen vermochte und die für die richtige Deutung der Strukturen besonders wichtig erscheint.

strahligen Calcosphäriten nur eine sehr feine strahlige Zeichnung darbieten, welche von einem centralen Hohlräumchen oder einer Gruppe solcher, seltener dagegen von einem centralen Knotenpunkt ausgeht, so bin ich doch durch die Verfolgung besonders günstiger Stellen zur bestimmten Ueberzeugung gekommen, dass auch hier der strahlige Bau in seinem Wesen ganz mit dem konzentrisch geschichteten übereinstimmt. Er rührt daher, dass die Bildungskörperchen sich nicht konzentrisch geschichtet zusammenlagern, sondern sich in strahlig-radiären Zügen um das Centrum gruppiren. Wenn die Struktur hinreichend fein ist, müssen unter diesen Umständen, aus Gründen, welche ich schon früher (s. 1892, p. 115) darlegte, die strahligen Züge des Maschenwerkes deutlicher hervortreten, wie die verbindenden queren oder konzentrischen, indem diese letzteren nicht zu längeren Zügen zusammentreten, sondern nur kurze Verbindungsstücke zwischen den radiären Maschenlinien darstellen.

Wie gesagt, hat man nur selten Gelegenheit, sich mit Sicherheit an strahligen Sphären von dieser Bauweise zu überzeugen, da die Struktur ungemein fein ist. Trotzdem habe ich auch solche, und zwar ziemlich ansehnliche gefunden, wo wenigstens in der centralen Region der geschilderte Bau ganz sicher und schön zu beobachten war, was die Photographie Taf. 18, Fig. 4 bei 2560facher Vergrösserung zeigt. Der Bau war zwar nicht vollkommen strahlig, sondern etwas strahlig konzentrisch; denn es ist ja klar, dass die verschiedensten Uebergänge zwischen den beiden extremen Bauarten vorkommen müssen. Die Photographie zeigt genügend deutlich, dass es sich wirklich um einen strahlig-maschigen Bau handelt, der hier nicht in vollster Klarheit hervortreten kann, weil nicht eine einfache Maschenlage vorliegt, sondern eine dickere Stelle des Sphäriten.

Nun findet man aber in den Präparaten hie und da auch verhältnissmässig grosse Kalkgebilde, die von dem Bau der Sphären etwas abweichen, indem sie einmal nicht kuglig, sondern flach sind, und andererseits statt eines kreisförmigen Umrisses einen unregelmässigen bis blumenartigen besitzen, indem der Rand in blumenblattartige Verlängerungen ausgewachsen ist. Diese Gebilde nun sind meist vorzüglich strahlig gebaut und zeigen, theils wegen ihrer Dünne, theils wegen etwas gröberer Struktur, den geschilderten strahlig-maschigen Bau vortrefflich und überzeugend. Auf den Photographien Taf. 18, Fig. 3 und 5 habe ich eine prächtig strahlige Stelle vom Rand eines solchen Gebildes abgebildet, einmal bei 1700facher Vergrösserung (Fig. 3) und daneben noch eine Partie von derselben Stelle bei 3000facher Vergrösserung (Fig. 5); beidemale bei tiefer Einstellung. Auf der stärker vergrösserten Photographie ist deutlich zu bemerken, dass nur stellenweise tiefe Einstellung vorliegt, an vielen Stellen dagegen bestimmt hohe, was wohl mit einer gewissen Höhendifferenz in der Lage der Maschen zusammenhängt. Man überzeugt sich daher deutlich, dass die hellen Maschenräume bei hoher Einstellung dunkle Punkte werden.

Da nun die strahlig-maschige Struktur der oben erwähnten Sphäriten gegen die Oberfläche zu immer undeutlicher wird, indem zunächst nur noch die strahlige Zeichnung sichtbar und auch schliesslich diese nicht mehr sicher zu erkennen ist, so muss ich hieraus schliessen, dass dies nur auf fortgesetzter Verfeinerung der Struktur beruht. Hieraus entnehme ich denn die Berechtigung zu dem Schluss, dass

auch die anscheinend reinstrahlige Struktur denselben Bau hat wie die deutlich maschig-strahlige, nur zu fein, um klar erkannt zu werden.

Die geschilderten Verhältnisse lassen es auch verständlich erscheinen, dass vielfach nahezu oder völlig homogen aussehende Sphäriten vorkommen, an welchen nur hie und da etwas von Struktur bemerkt wird, z. B. eine konzentrische Schicht feinster Hohlräumchen oder vielleicht einige strahlige Reihen solcher.

Schon die früheren Beobachter, insbesondere Famintzin und Harting, beobachteten gelegentlich excentrisch geschichtete Calcosphäriten, deren Bauverhältnisse lebhaft an Stärkekörner erinnerten. Da Harting trotz sehr zahlreicher Versuche nur wenige abbildet, so scheint ihr Vorkommen nicht häufig zu sein, was auch meine Erfahrungen bestätigen. Schon oben wurde darauf hingewiesen, dass man excentrische Sphäriten namentlich in der Membranregion findet, da die auf der Membran angewachsenen oder in der Nähe der Membran gelegenen meist nach kurzem centrischem Wachsthum in ein excentrisches übergehen, indem zunächst einige Schichten aufgelagert werden, welche auf der von der Membran abgewendeten Seite bedeutend dicker sind, und schliesslich weitere Schichten, die, soweit ich finden kann, den Kern überhaupt nicht mehr völlig umgreifen, sondern nur an der abgewendeten Seite ausgebildet sind. Die Textfig. 40 zeigt zwei derartige Körner in Umrissen, deren Erscheinung ganz auffällig an manche Stärkekörner erinnert, die Nägeli in seinem grossen Werk über die Stärkekörner abbildet. Die Erklärung für das Entstehen dieser excentrischen Formen ist darin zu suchen, dass ihnen wegen ihrer Lage an der Membran nur ganz einseitig neue Substanz zutreten kann, weshalb ein excentrisches Wachsen durchaus nothwendig wird. In dem auf Textfig. 37 c (p. 114) dargestellten Doppelkorn, dessen Wachsen genau verfolgt wurde, bemerkt man, dass die letzte Schicht an der einen Seite deutlich dicker ist wie auf der anderen. Für diese Excentricität liess sich die Ursache bestimmt erkennen, indem auf dieser Seite in einiger Entfernung eine Partie des früher erwähnten feinen Niederschlags lag, von welchem das Korn zweifellos Substanz zum Wachsen bezog, während auf der anderen Seite eine solche Nahrungsquelle fehlte.

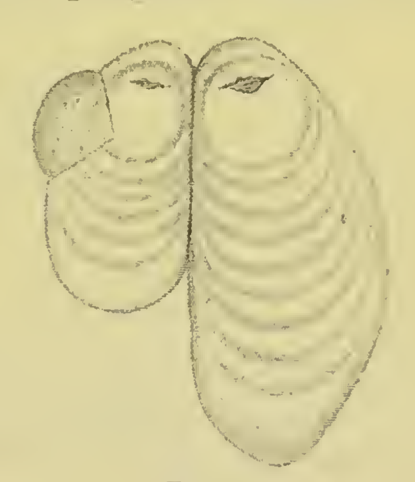


Fig. 40.

Kohlensaurer Kalk. Excentrisch geschichtete Sphärite von grosser Aehnlichkeit mit Stärkekörnern. Feinere Struktur nicht deutlich. Obj. 2. Oc. 12.

Ein sehr schön excentrisches Korn mit allseitig ausgebildeten Schichten ist noch auf Textfig. 41 abgebildet; es ist, wie wir später sehen werden, namentlich auch deshalb bemerkenswerth, weil bei ihm und ähnlichen die gleichen Polarisationsverhältnisse wie bei den Stärkekörnern vorkommen.



Fig. 41.

Kohlensaurer Kalk. Excentrisch geschichtete Sphäre mit gut strukturirten hellen Schichten. Canada. Obj. 2. Oc. 12.

Bevor wir zur Besprechung einiger weiterer Verhältnisse übergehen, die beim Wachsen der Sphären auftreten können, bedarf die Frage nach der Natur der Substanz, welche die schwächer lichtbrechenden Hohlräumchen der oben beschriebenen Strukturen erfüllt, einer Erörterung. An den in Balsam übergeführten Präparaten ist ein grosser Theil dieser Hohlräumchen ebenso deutlich und scharf wie bei der

Untersuchung der trockenen Sphären in Luft. Dies rührt daher, dass die Lichtbrechung ihres Inhalts so schwach ist, dass die Hohlräumchen bei hoher Einstellung tief dunkel, bei tiefer dagegen sehr hell erscheinen. Wenn daher, wie es zuweilen vorkommt, mehrere in dieser Weise strukturirte Schichten sich überdecken, oder im Centrum des Sphäriten ein strahliger, derart strukturirter Kern sich findet, so werden diese Theile sehr dunkel. Die Lichtbrechung der Räumchen ist so gering, dass sie nicht wohl von etwas anderem als von Gas erfüllt sein können und ebenso zweifellos ist es, dass der Balsam nicht in sie eingedrungen ist. Ausserdem findet man aber auch die gleichen Strukturen viel blässer, indem der Inhalt der Hohlräumchen sich in seiner Lichtbrechung weniger stark von den Wandungen unterscheidet. Ob in diesem Fall der Balsam in die Hohlräume eingedrungen ist, oder ob die Räumchen von wässeriger Flüssigkeit erfüllt sind, wage ich einstweilen nicht zu entscheiden.

Auch bei den nahezu homogenen oder feinstrahligen Sphären wird das Centrum sehr gewöhnlich von einem ganz schwach lichtbrechenden runden Räumchen eingenommen, welches die früheren Beobachter gewöhnlich als dunklen Kern bezeichnet haben, obgleich es natürlich nur bei hoher Einstellung dunkel erscheint. Ihrer schwachen Lichtbrechung wegen muss diese centrale Vakuole, wie man sie auch nennen könnte, mit Gas erfüllt sein; hier sowohl wie bei den geschichteten Sphären, kann man sich bestimmt überzeugen, dass diese Centralvakuole bei tiefer Einstellung ein Bild der Blende entwirft.

Da die Sphären bei ihrem Weiterwachsen sehr gewöhnlich in wirklich krystallinische Bildungen übergehen, scheint es geeignet, zunächst die in den Präparaten auftretenden Krystallbildungen ein wenig zu betrachten. Es ist von grossem Interesse, dass man schon an den kleinsten, den oben geschilderten hohlen Körperchen entsprechenden Gebilden unzweifelhafte Anzeichen wirklicher Krystallform auffinden kann. An gewissen Stellen der Präparate, und zwar gerade solchen, wo sich auch grössere Krystalle gebildet haben, trifft man nämlich derartige Körperchen, deren Grösse die früher geschilderten nicht übertrifft und deren Umriss ganz deutlich einen gleichseitigen Rhombus darstellt. Die Figur 38, p. 117 zeigt ein derartiges Körperchen in vier auf einander folgenden Einstellungen (2′—2′′′′), welches hiernach sicher aus vier kleineren hohlen solchen Körperchen, die sich regelmässig mit einander vereinigt haben, hervorgegangen ist. Mit dem Gypsplättchen erster Ordnung untersucht, erscheinen diese Körperchen je nach der Orientirung blau oder gelb.

Die Krystalle, welche, wie oben bemerkt wurde, entweder in Form von Rhomboëdern oder von länglichen beiderseits zugeschärften Blättern (s. Fig. 42, 2), welche sich aber vielleicht auch auf eine rhomboëdrische Ausgangsform zurückführen lassen, auftreten, zeigen nun in ihren feineren Bauverhältnissen eine Reihe von Uebereinstimmungen mit den Sphären und lassen sich andererseits in ihren Anfängen wohl bestimmt auf die kleinen Hohlkörperchen von krystallinischem Umriss zurückführen. Zwar darf im Allgemeinen als Regel betrachtet werden, dass die Krystalle zu homogener oder doch anscheinend homogener Ausbildung neigen; die meisten wenigstens und namentlich die Rhomboëder zeigen nichts von Struktur. Dennoch fällt an vielen sofort eine Uebereinstimmung mit den Sphären darin auf, dass im Centrum ein ähnliches Hohlräumchen von ganz schwacher Lichtbrechung, also wohl auch mit

Gaserfüllung, sich findet wie bei den meisten Sphären. Ein Unterschied zeigt sich nur darin, dass dies Räumchen meist einen deutlich krystallinischen Umriss hat und zwar entweder einen rhombischen oder dreieckigen, soweit ich dies wenigstens verfolgte. Hieraus geht hervor, dass das Räumchen jedenfalls von einem der kleinen krystallinischen hohlen Körperchen gebildet wird, die oben besprochen wurden, und diese Körperchen demnach die Anlagen der grösseren Krystalle bilden. Es findet sich jedoch auch nicht selten, dass das centrale Hohlräumchen selbst wieder einen centralen dunklen Knotenpunkt besitzt, in diesem Fall also von einigen Kämmerchen gebildet wird. — Ueber die feineren Bauverhältnisse der Krystalle gewähren namentlich die erwähnten länglichen Krystallblättchen erwünschte Auskunft. Diese sind nämlich nicht selten schön konzentrisch geschichtet, wie es die Figg. 42, 1—2 zeigen. Die Schichten ziehen im Allgemeinen parallel den äusseren Umrissen um einen centralen krystallinischen Kern, der in seinem Centrum ein Hohlräumchen aufweisen kann. Wie an den Sphären sind die Schichten abwechselnd heller und dunkler. An den hellen Schichten ist vielfach auf das Bestimmteste zu erkennen, dass sie den kämmerchenartigen Bau besitzen, den wir an den entsprechenden Schichten der Sphären gefunden haben. Auch der centrale Kern kann manchmal gänzlich kämmerig-wabig strukturirt sein. Dass es sich um wirklich abgeschlossene kämmerchenartige Räumchen handelt, ergiebt sich auch hier, wenn man Gelegenheit findet, eine solche helle Schicht bei dickeren Krystallblättern in Flächenansicht zu untersuchen; sie erscheint dann wirklich wabig mit hie und da deutlich ausgesprochener Neigung der Kämmerchen zu regelmässig streifiger Anordnung, wovon bei den Rhomboëdern gleich noch zu reden sein wird.



Fig. 42.

Kohlensaurer Kalk. Krystallblättchen mit deutlicher Schichtung und kämmerigem Bau der hellen Schichten. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung tief.

Wie gesagt, ist in den Rhomboëdern, die manchmal ziemlich gross werden, eine Struktur nicht häufig vorhanden. Doch sieht man zuweilen um die Centralvakuole eine feine maschig-kämmerige Struktur, welche in breiteren, oder ganz feinen, nur aus einer Reihe von Hohlräumchen gebildeten Strahlen gegen die Ecken des Rhomboëders auslaufen kann. Einmal sah ich auch einen Krystall, von dessen Centralvakuole eine allseitige feine maschige Strahlung ausging, welche sich etwa in der Hälfte des Weges zur Oberfläche allmählich verlor, ganz wie bei einem strahligen Sphäriten. Doch begegnet man hie und da auch bei rhomboëdrischen Krystallen zarter konzentrischer Schichtenbildung, die dadurch entsteht, dass sich in gewissen Zonen ganz dünne helle Schichten einschalten, welche aus einer Lage kleiner Hohlräumchen bestehen. Eine solche Schicht kann auch nur unvollständig, streckenweise ausgebildet oder nur durch zersprengte vereinzelte Hohlräumchen angedeutet sein.

Derartige helle gekammerte einfache Schichten von guter Ausbildung findet

man in der äusseren Region rhomboëdrischer Krystalle zuweilen, manchmal aber auch in der Tiefe, wo die Krystalle dem Objektträger oder Deckglas aufgewachsen sind. Die Untersuchung solcher Schichten im optischen Durchschnitt und in der Flächenansicht (s. Fig. 43, 1—2) erweist den kämmerchenartigen Bau ganz sicher. Gleichzeitig bemerkt man in der Flächenansicht zuweilen eine sehr regelmässige Anordnung der Kämmerchen nach drei, unter Winkeln von 60 Grad sich schneidenden Richtungen, wie es Fig. 43, 2 deutlich zeigt. In anderen Fällen wurde nur eine regelmässig streifige Anordnung nach einer Richtung wahrgenommen.

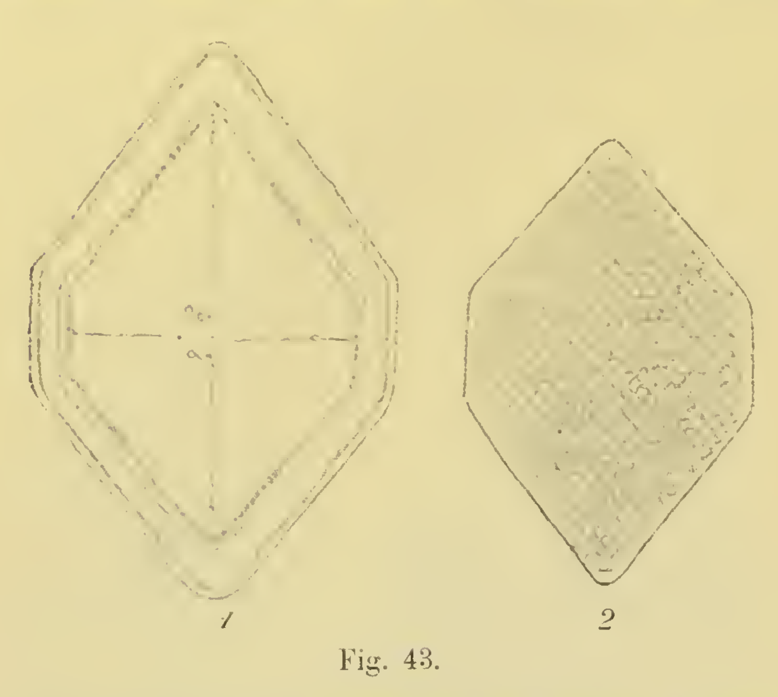


Fig. 43.

Kohlensaurer Kalk. Krystall mit Andeutung zonarer Struktur (Schichtung) in der peripherischen Region. Obj. 2. Oc. 12. 1 Optischer Durchschnitt. Einstellung hoch auf die aus feinen Hohlräumchen gebildeten schmalen Schichten, die daher aus dunklen Punkten zusammengesetzt erscheinen. 2 Einstellung auf das untere Flächenbild des inneren Kerns von 1, so dass die Struktur der hellen schmalen kämmerigen Schicht in Flächenansicht hervortritt. Einstellung tief auf die Struktur.

Wenn es nach diesen Erfahrungen schon recht wahrscheinlich ist, dass auch den Krystallen ein ähnlicher Aufbau, eine entsprechende feine Struktur, zukommt wie den Sphären, so wird dies namentlich durch die Beobachtungen an gewissen Krystallen bestätigt, welche sich nach etwa zwei Monate langem Stehen in dem mit ganz konzentrirten Lösungen von K_2CO_3 und $CaCl_2$ angefertigten Präparate (s. oben p. 111) gebildet hatten. Entgegen den gewöhnlichen Erfahrungen, hatte sich hier eine Ausbreitung des K_2CO_3 um die $CaCl_2$-Lösung gebildet und in dieser Ausbreitung waren viele sehr schöne und dünne hexagonale Tafeln entstanden, während sich im kohlensauren Kali, das übrigens fast völlig eingetrocknet war, kürzere oder längere hexagonale Säulen gebildet hatten. Die erwähnten Platten sind nun vielfach auf das schönste konzentrisch geschichtet (s. Fig. 3, Taf. 8) und bei vielen ist die kämmerchenartige feine Struktur der Schichten ebenso schön und deutlich ausgebildet wie bei Inulinsphären, was die Betrachtung der bei 1700facher Vergrösserung hergestellten Photographien 2 und 6 zeigt. Fig. 6 lässt namentlich die erste Anlage des Blattes, welche einem der früher beschriebenen Inulinhexagone entspricht, klar erkennen und zeigt ferner ein seltsames Auswachsen in drei Krystallblätter, wobei die Schichten vorübergehend eine blattartig geschweifte Bildung annehmen. Fig. 2b giebt das hohe Bild von 2a und zeigt klar, dass es sich wirklich um Hohlräume handelt.



Fig. 44.

Kohlensaurer Kalk (s. Text). Hexagonale Säule mit Andeutung von Schichtung und kämmeriger Struktur im Innern. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung tief auf Struktur.

Unter den sechsseitigen Tafeln finden sich nun alle Uebergänge von den abgebildeten, deutlich strukturirten, zu solchen, die nur noch die konzentrische Schichtung, aber nicht mehr die Kämmerung klar zeigen, und endlich zu solchen, bei welchen keine Struktur mehr zu erkennen ist.

Ich schliesse auch hier für den letzteren Fall wiederum nicht auf völligen Mangel der Struktur, sondern auf eine so hochgradige Verfeinerung derselben, dass sie nicht mehr erkennbar ist. Auch die hexagonalen Säulen zeigen in ihrem Innern, nicht etwa auf der Oberfläche, zuweilen eine ganz entsprechende konzentrische Schichtung und Kämmerchenstruktur, wie es die Fig. 44 wiederzugeben versucht.

Ich habe die erwähnten Platten und Säulen neuerdings wieder studirt, da ich früher versäumte, ihr Verhalten im polarisirten Licht festzustellen. Ich war nun sehr überrascht, zu finden, dass sie gar nicht merklich polarisiren. Bei den Platten könnte dies daher rühren, dass sie in der optischen Achse gesehen werden; bei den Säulen ist dies jedoch nicht möglich. Es wurde darauf nochmals mit Wasser behandelt, weil die Vermuthung nahe lag, dass es sich vielleicht nicht um kohlensauren Kalk handle; doch wurden die Säulen und Platten von Wasser nicht gelöst oder angegriffen, weshalb diese Krystalle doch kohlensaurer Kalk sein müssen.

Wenn die vorliegenden Erfahrungen es recht wahrscheinlich machen, dass auch die Krystalle einen ähnlichen feineren Aufbau besitzen wie die Sphären und ihr Wachsen daher in ähnlicher Weise geschehen muss, so lässt sich schon vermuthen, dass die Sphären zu krystallinischem Wachsthum übergehen können. Dies ist nun auch vielfach der Fall, wie schon Harting und Vogelsang fanden.

In der späteren Zeit ihres Wachsens bedecken sie sich nämlich sehr gewöhnlich ganz mit kleinen Rauhigkeiten, die, wenn sie etwas stärker herangewachsen sind, sich als deutliche Kryställchen erkennen lassen, nämlich als kleine Rhomboëder, die sich gegenseitig im Wachsthum hemmen und dadurch zu nadelartigen radiärgerichteten Gebilden werden, welche jedoch mit einer Rhomboëderecke frei zugespitzt an der Aussenfläche hervorragen. Da Harting solche Sphären vielfach abgebildet hat, habe ich keine Figur aufgenommen. Die Sphären gehen in dieser Weise in wirkliche Drusen über, die beim Weiterwachsen, unter besonderen Bedingungen, d. h. bei Störungen im regelmässigen Wachsen, auch konzentrische Schichten ausbilden können. Eins ist dabei nur zu berücksichtigen. Die feineren oder gröberen Krystallnädelchen, welche auf solche Weise entstehen, sind nicht etwa isolirte Gebilde, sondern hängen in tangentialer Richtung vielfach durch feine Brücken untereinander zusammen, ja es kann die Verbindung zwischen ihnen durch feine Kämmerchenreihen hergestellt werden, was uns ja nicht erstaunen wird, da wir den Krystallnadeln selbst einen ähnlichen, wenn auch viel feineren Bau zuschreiben. Von diesen Verhältnissen, welche auf Fig. 45 dargestellt sind, habe ich mich durch Zertrümmerung grösserer krystallinisch ausgewachsener Sphären, die durch längeres Uebereinanderschichten der beiden Lösungen in einem Reagenzglas hergestellt waren, überzeugt.



Fig. 45.

Kohlensaurer Kalk. Zertrümmerter, strahlig drusiger Sphärit. Radiales Bruchstück, aus nadelartigen Elementen gebildet, die durch Querbrücken vielfach verbunden sind. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung hoch, so dass die Lücken dunkel erscheinen.

Bei unseren bisherigen Schilderungen gingen wir von der stillschweigenden Voraussetzung aus, dass das Wachsthum der Sphären und Krystalle durch Apposition, d. h. durch Auflagerung successiver Schichten, insofern solche deutlich sind, geschehe. Harting ist ebenfalls entschieden dieser Meinung. Dagegen hat zuerst Famintzin die Ansicht aufgestellt, dass die Sphären ursprünglich ganz homogen

seien und sowohl der innere Kern wie die Schichtung sich erst nachträglich ausbildeten. Hierauf hat Hansen sogar die ursprünglichen Sphären für flüssige Tropfen erklärt, die später krystallinisch erstarrten und zwar successive von Aussen nach Innen. Nur so lange sie flüssig seien, nähmen sie an Volumen zu, ohne dass man dies natürlich als ein appositionelles Wachsthum bezeichnen könne. Die erstarrten Sphären dagegen wüchsen überhaupt nicht mehr. Auch nach Hansen tritt daher alle innere Struktur erst nachträglich beim Erstarren hervor. Ob auch Famintzin die erst gebildeten kleinen Sphären für flüssig hält, ist zweifelhaft; er spricht zwar davon, dass sie „unter den Augen des Beobachters äusserst oft in zusammengesetzte Formen zusammenfliessen"; da es sich dabei aber um zusammengesetzte Formen handelt, so ist der Ausdruck „zusammenfliessen" wohl bildlich, nicht wörtlich, zu nehmen. Ich hob nun schon früher hervor, dass ich das Zusammenwachsen der Sphären aller Grössenstadien in den Präparaten direkt verfolgte, da es zu den häufigsten Erscheinungen gehört, die man zu sehen bekommt. Aber nicht ein einziges Mal konnte ich ein wirkliches Zusammenfliessen, auch nicht der kleinsten Gebilde wahrnehmen, während man doch z. B. bei Schwefelglobuliten diese Erscheinung ungemein häufig beobachtet und dadurch zur sicheren Ueberzeugung gelangt, dass sie flüssige Tropfen sind. Stets erhalten sich die zusammenwachsenden Calcosphäriten als solche deutlich, indem sich gerade Grenzlinien zwischen ihnen ausbilden, wie wir schon beim Inulin gefunden haben. Natürlich kommt es nicht selten vor, dass diese Grenzlinien weniger scharf markirt sind, doch sind sie immer deutlich genug zu sehen. Wenn zwei ungefähr gleichgrosse Sphären zusammenwachsen, bildet sich stets ein bisquitförmiges Gebilde, das zwar später auch ellipsoidisch und schliesslich vielleicht bei langem Weiterwachsen annähernd kugelig werden kann. Doch beweisen, meiner Ansicht nach, diese bisquitförmigen oder, beim Zusammenwachsen zahlreicher Sphären, auch vielgestaltigeren Formen bestimmt, dass es sich nicht um Vereinigung flüssiger Tropfen handelt, die zusammenfliessen müssten, sondern um Verwachsung fester Gebilde. Schon Nägeli (1862), welcher doch die Theorie der inneren Differenzirung für die Stärkekörner hartnäckig vertheidigte, konnte nicht umhin, für die Sphärokrystalle der Acetabularia anzuerkennen, dass sie sich durch appositionelles Wachsthum vergrössern. Wie oben bemerkt, haben sich für die Calcosphäriten dieser Ansicht auch Leitgeb und Nathusius angeschlossen; der erstere verfolgte schon das Wachsen unter dem Mikroskop.



Fig. 46.

Kohlensaurer Kalk. Sphärit, der einen zweiten kleineren umwachsen hat. Optischer Durchschnitt. Mittlere Vergrösserung.

Als weiteren Beweis möchte ich noch anführen, dass man gelegentlich Sphären findet, welche eine kleinere gänzlich oder nahezu gänzlich umwachsen haben. Fig. 46 zeigt eine solche Sphäre[1]). Unter welchen Bedingungen dies zu Stande kommt, ist nicht ganz klar; jedenfalls setzt die Bildung voraus, dass die kleine Sphäre während der Umwachsung selbst nicht weiterwächst, da sonst eine Verwachsung in der gewöhnlichen Weise eintreten müsste. Worauf dies aber beruht, vermag ich nicht anzugeben.

---

[1]) Ich erachte es für sehr wahrscheinlich, dass auch die von Nathusius (1890 p. 629, Taf. 28 Fig. 11) beobachteten Sphären mit „Einschlüssen" auf derartige nachträgliche Umwachsungen kleinerer

Famintzin, der wie wir schon vorhin sahen, das Entstehen der zusammengesetzten Sphären durch „Zusammenfliessen" oder richtiger Zusammenwachsen einfacher erkannte, ist nichts destoweniger der Meinung, dass zusammengesetzte Sphären auch durch nachträgliche Theilung ursprünglich einfacher gebildet werden könnten, also in ähnlicher Weise etwa, wie sich Nägeli das Entstehen der sog. echten zusammengesetzten Stärkekörner vorstellte. Dem gegenüber möchte ich betonen, dass ich niemals eine Andeutung eines solchen Vorgangs beobachtete und auch nach allen Erfahrungen, welche ich beim Studium der Calcosphäriten machte, einen derartigen Prozess für höchst unwahrscheinlich erachten muss.

Wir kommen nun zu der weiteren Frage, ob die inneren Strukturen, im speziellen die Schichtung, erst nachträglich in den Sphären ausgebildet werden, oder ob sie eine Folge des appositionellen Wachsthums sind. Es könnte dieses, von Famintzin und Hansen angegebene Verhalten ja auch wohl statthaben, wenn die Sphären in festem Zustand durch Auflagerung wachsen. Die Entscheidung dieser Angelegenheit ist schwieriger. Es schien auch mir manchmal, dass die strahlige Struktur in den Sphären ursprünglich weniger deutlich war und nach einiger Zeit klarer hervortrat. Dennoch habe ich nicht einen sicheren Fall beobachtet, welcher für eine nachträgliche Differenzirung von Schichten in ursprünglich homogenen Sphären spräche, dagegen eine Reihe Fälle, die eine successive Auflagerung der Schichten beim Wachsen bestimmt zeigen. Unter diesen bildete ich schon in Fig. 37, p. 114 einen Fall ab, welcher dies klar verräth und gleichzeitig auch noch das Anwachsen zweier kleiner Sphäriten illustrirt. Noch weitere Gründe aber sprechen in demselben Sinn, nämlich das gelegentliche Vorkommen von äusseren unvollständigen Schichten, welche den Sphärit nur theilweise umgeben, demselben wie eine Kappe aufgesetzt sind. Auf nebenstehender Figur 47 ist ein solcher Fall abgebildet. Die Figur zeigt eine nur wenig ausgedehnte Bedeckung durch eine äusserste, ungemein deutlich kämmerig strukturirte Schicht. Aehnliche Zustände wurden noch häufig beobachtet. Diese Fälle, denen sich noch die excentrischen Sphären anschliessen, bei denen eine ganze Reihe solch' unvollständiger Schichten auf einander folgen, lassen sich doch nur durch nachträgliche Auflagerung der unvollständigen Schichten erklären; an eine Entstehung letzterer durch Differenzirung eines ursprünglich homogenen Sphäriten ist nicht zu denken[1]).



Fig. 47.

Kohlensaurer Kalk. Sphärit mit unvollständiger äusserster, schön kämmeriger Schicht. Opt. Durchschnitt. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung tief.

Aehnlich wie Leitgeb (1888) komme ich daher zum Schluss, dass die inneren Strukturverhältnisse der Calcosphäriten, Schichtung, Strahlung etc., nicht einer späteren Veränderung, Differenzirung, Umlagerung oder Krystallisation ihren Ur-

---

Sphären durch sich bildende grössere zurückzuführen sind. Eine solche Erklärung dieser Vorkommnisse erscheint um so beachtenswerther, als Nathusius in ihnen besonders wichtige Belege für eine nachträgliche innere Differenzirung, eine molekulare Umänderung der Calcosphäriten erblickte. Ich vermuthe, dass die betreffenden Vorkommnisse sich viel einfacher in der angegebenen Weise deuten lassen.

[1]) Meine neueren Untersuchungen über die Entstehung sphärokrystallinischer Bildungen aus dem Schmelzfluss lassen mich jetzt in dieser Frage einen etwas anderen Standpunkt einnehmen. Nachträgliche innere Differenzirungen und Veränderungen können bei der Umwandlung in eine anders krystallisirende Modifikation (Enantiotropie und Monotropie Lehmann) auftreten. Bei den Calcosphäriten ist dies wohl wenig wahrscheinlich, doch nicht ausgeschlossen.

sprung verdanken, sondern schon mit ihrer Entstehung gegeben sind. Zum mindesten ist bis jetzt eine nachträgliche Veränderung oder Differenzirung ursprünglich strukturloser Sphärite durchaus unbewiesen, ja die Erfahrungen sprechen gerade in der entgegengesetzten Richtung. — Aus diesen Gründen vermag ich auch dem, was Nathusius (1890, p. 627—628) für eine nachträgliche Entstehung der Schichtung und Strahlung durch innere Differenzirung oder molekulare Umänderung anführt, kein Gewicht beizulegen, um so weniger als Nathusius eine solche Entstehung der Strukturen in keinem Fall beobachtet, sondern nur aus der Beschaffenheit kleinerer und grösserer Sphären erschlossen hat. Wie trügerisch derartige Schlüsse jedoch sein müssen, folgt aus der grossen Mannigfaltigkeit der Strukturen der Sphären auf den verschiedensten Grössenstufen.

Polarisationserscheinungen.

Das Verhalten der Sphärite und übrigen Kalkgebilde zwischen gekreuzten Nicols ist natürlich sehr wichtig und interessant, aber auch recht verwickelt und mannigfaltig. Ich werde hierüber nur kurz berichten, da es auch etwas ausserhalb meiner Intentionen und Kenntnisse lag, diese Dinge eingehender zu behandeln. Schon oben (p. 117) wurde erwähnt, dass die kleinen hohlen Körperchen noch wahrnehmbar, wenn auch sehr schwach polarisiren und je nach ihrer Lage mit dem Gypsplättchen erster Ordnung blau oder gelb erscheinen. Die dort besprochenen Gebilde hatten aber etwas eckige Umrisse; bei ganz runden hohlen Körperchen kleinster Dimension fand ich dagegen, dass sich ihre Wand wie ein negativer Sphärokrystall verhielt, während das hohle Innere die Farbe des Gypsplättchens nicht kenntlich veränderte, also roth erschien. Ohne Gypsplättchen waren Farben gar nicht zu erkennen. Die zu Stäbchen aneinander gereihten hohlen Körperchen (s. Fig. 38, 3, 10, 11) geben immer einfache Farben, blau oder gelb, und zwar so, dass die Achse kleinerer optischer Elasticität mit der Längsachse der Stäbchen zusammenfällt. Die kleinsten Sphärengebilde, an denen nur zwei bis drei Lagen von Körperchen vorhanden sein können (s. Fig. 6, 8, 9), zeigen ohne Gypsplättchen ein schönes Kreuz, wenn auch keine Farben und ebenso verhalten sich auch alle grösseren, nur treten bei diesen bald auch Farbenerscheinungen ohne Gypsplättchen hinzu. Wie zu erwarten, verhalten sich diese kleinsten Sphären bei der Untersuchung mit dem Gypsplättchen negativ, also umgekehrt wie die Stärkekörner und ebenso habe ich, wenn auch selten, grössere strahlige oder geschichtete Sphären beobachtet, die sich im Ganzen entsprechend verhielten. Daneben finden sich aber sehr viele, namentlich strahlige Sphären, welche gar keine wesentlichen Farbenunterschiede der vier Quadranten, sowohl ohne wie mit Gypsplättchen zeigen; ihre Farbe ist dann meist gelblich (mit Gypsplättchen) oder unregelmässig gelblich und bläulich.

Wenn aber die Sphären grösser werden, gesellt sich als weitere Erscheinung in der Regel hinzu, dass die Quadranten keine einheitliche Farbe mehr zeigen, sondern dass in ihnen blaue und gelbe Schichten abwechseln, (s. Fig. 4, Taf. 23) was sowohl mit, als ohne Gypsplättchen schön zu sehen ist. Dabei hängt diese Erscheinung keineswegs direkt mit Schichtung zusammen, denn man findet auch gut geschichtete Sphären mit ganz einheitlich gefärbten Quadranten. Andererseits ist aber auch sicher, dass in vielen Fällen die in gewöhnlichem Licht zu beobachtenden Schichten abwechselnde

Farben geben. Letztere Erscheinung kann wohl nur darauf beruhen, dass die optisch wirksamen Elemente in den aufeinander folgenden Schichten entgegengesetzt orientirt sind. Dies wird noch weiter dadurch unterstützt, dass man gelegentlich unter den kleinen krystallinischen Kalkgebilden auch wirkliche Zwillinge findet und zwar einfach aneinander gelagerte oder eine Art Durchdringungszwillinge, ähnlich wie wir sie schon beim Inulin begegneten. Unter den Kalksphären aus dem Pferdeharn habe ich auch alle Uebergänge zwischen solchen Durchdringungszwillingen und vierfachen Sphären gefunden, so dass ich an einem allmählichen Uebergang nicht zweifeln kann.

Wie zu erwarten, wird man bei Anwendung eines Gypsplättchens bei derartigen Sphären fast immer deutlich beobachten, dass die Farbe der abwechselnden Schichten in den benachbarten Quadranten alternirt. Ich habe dies auf Fig. 4 Taf. 23 von einer Sphäre aus Pferdeharn abgebildet und ganz Aehnliches findet sich auch gelegentlich an Sphären meiner Präparate, so z. B. bei der auf p. 121, Fig. 41 abgebildeten. Bei letzterer Sphäre habe ich noch die seltsame Erfahrung gemacht, dass die Farben bei tiefer Einstellung geradezu umschlugen, indem was bei hoher gelb war nun blau wurde und umgekehrt. In dem rechten oberen und linken unteren Quadranten, die mit der Achse kleinerer optischer Elasticität des Gypsplättchens zusammenfielen, herrschten bei hoher Einstellung die gelben Schichten bei weitem vor, weshalb diese Quadranten bei weniger genauem Zusehen nahezu rein gelb erschienen, die anderen hingegen blau; daher scheinen sich dergleichen Sphären im gesammt optisch positiv zu verhalten. Es ist nun auffallend, dass wenigstens die Sphäre Fig. 41 auch bei der Betrachtung in gewöhnlichem Licht, bezüglich ihrer Schichtung und schwachen Excentricität, den sich positiv verhaltenden Stärkekörnern sehr ähnlich ist.

Auch die Krystalle, sowohl die Rhomboëder wie namentlich die länglichen Krystallblätter, zeigen, wenn etwas grösser, gewöhnlich einen entsprechenden Wechsel der Farben ihrer Schichten; jedoch treten solche Farbenschichten häufig auch sehr schön hervor, wenn im gewöhnlichen Licht gar nichts von Schichten bemerkt wird[1]. Im Gegensatz zu den Sphären sind die Schichten der Krystalle im ganzen Umfang gleich gefärbt, sowohl mit als ohne Gypsplättchen, ein Alterniren der Färbung in den Quadranten findet sich nicht, in den einzelnen Schichten müssen also die Elemente überall gleich gerichtet sein. Die länglichen Krystallblätter sind optisch unwirksam, wenn ihre Längs- und Querachse mit den Polarisationsebenen der Nicols zusammenfällt, in der Mittelstellung wirken sie am kräftigsten.

Sowohl für die Sphären wie die Krystalle gilt, dass die Farben der abwechselnd gefärbten Schichten nicht scharf von einander abgesetzt sind, sondern allmählich durch Roth in einander übergehen.

[1] Es scheint mir jetzt sicher, dass, was ich auch schon früher vermuthete, dieser schichtweise Farbenwechsel nur auf zunehmender Dicke beruht, wie sie eine halbkugelige oder kugelige Sphäre oder auch ein aufgewachsener Krystall vom Rand gegen das Centrum zeigen. Mit der Dickenzunahme treten successive die Farben höherer Ordnung auf. Sphärokrystallinisch erstarrte Schwefeltropfen zeigen dieselbe Erscheinung und hier ist sie sicher eine Folge der zunehmenden Dicke gegen das Centrum.

Verhalten bei der Auflösung.

Bei den von ihm dargestellten Calcosphäriten konnte Famintzin zuerst beobachten, dass bei der Lösung in verdünnter Essigsäure „die äusserste Schicht als ein ganz durchsichtiges Säckchen, nach dem vollständigen Verschwinden ihres Inhaltes eine Zeit lang noch der Wirkung der Essigsäure widersteht". Er findet hierin eine bemerkenswerthe Analogie mit den Stärkekörnern. Ich habe nur verhältnissmässig wenige Versuche über diese interessante Erscheinung gemacht, wozu ich ziemlich grosse, meist reinstrahlige und oberflächlich drusig-rauhe Sphäriten verwendete, die mit halbverdünnten Lösungen im Reagenzglas hergestellt worden waren. Wurden diese mit 5% Essigsäure behandelt, so zeigte sich in der That das von Famintzin angegebene Verhalten. Unter Entwickelung von Kohlensäure sieht es wirklich so aus, als wenn unter einer zurückbleibenden äusseren, wenig veränderten Hülle der Inhalt von aussen nach innen ganz allmählich aufgelöst werde. An den Doppelsphären ist dies namentlich schön zu sehen, indem deren Inhalt hierbei gegen die Verwachsungsgrenze zusammenschmilzt. Bei genauerem Zusehen ergiebt sich aber, dass die Sache nicht so einfach liegt. Eine theilweise Lösung findet zwar statt, wie die entwickelte Kohlensäure beweist, es wird aber nicht der ganze Inhalt aufgelöst, sondern das Innere nur ungemein blass und hell, wesshalb bei nicht scharfem Zusehen eine völlige Lösung vorgetäuscht wird. Genauere Beobachtung lässt nämlich in dem hellen Inhalt sowohl die faserig-radiäre Struktur, als auch die Schichtung noch wahrnehmen, wenn solche vorhanden war, beides jedoch sehr blass. Eine völlige Lösung des Innern findet demnach unter diesen Umständen nicht statt. Bestätigt wird dies ferner durch die Erfahrung, dass man mittels Druck die äussere dunklere Hülle absprengen kann, worauf der Inhalt als eine scharf umschriebene Kugel zurückbleibt. Immerhin wird die merkwürdige Angelegenheit dadurch nicht genügend aufgeklärt, wenn ich auch vermuthen möchte, dass sie im Wesentlichen auf der, durch die feinere Struktur bedingten verschiedenen Dichte der einzelnen Schichten und der dadurch bewirkten verschieden schnellen Löslichkeit derselben beruht. Dagegen kann ich Hansen's Meinung, welcher sich bei Gelegenheit der Aehnliches zeigenden Inulinsphären hierüber ausspricht, nicht für richtig halten. Hansen nimmt nämlich an, dass die Sphären aus krystallinischen und amorphen Schichten bestünden und dass letztere leichter löslich seien als die ersteren. Einer solchen Annahme widersprechen die Erfahrungen über das polariskopische Verhalten der Calcosphären völlig.

8. Zonare Struktur von Plagioklaskrystallen aus Andesit.

Die im vorigen Abschnitt geschilderten Untersuchungen über die Krystalle des kohlensauren Kalkes führten mich zu der Ueberzeugung, dass die häufige Schichtenstruktur dieser Krystalle, sofern sie in gewöhnlichem Lichte sichtbar ist, im Wesentlichen auf denselben Bedingungen beruhen muss, welche auch die Schichtung der Sphären bewirken. Den Krystallographen ist diese Schichtung der Krystalle wohl bekannt und ich selbst habe sie vor vielen Jahren mehrfach an Dünn-

schliffen beobachtet, auch bei Augit[1]) zuerst beschrieben. Die gewöhnliche Ansicht scheint zu sein, dass diese Schichtung auf einer etwas verschiedenen Beschaffenheit der Substanz beruhe, hervorgerufen durch geringe Beimischungen. Da nun aber, wie wir erfuhren, solche Schichtungen auch bei der Krystallisation reiner Substanzen auftreten, so kann dieser Umstand keineswegs immer die zonare Struktur oder Schichtung bedingen. Andererseits scheint auch die Ansicht sehr verbreitet zu sein, dass solche Schichtenbildung vorwiegend auf Zwillingsbildung beruhe, indem die Elemente der abwechselnden Schichten zwillingsartig verschieden orientirt seien. Auch dieses trifft keineswegs immer zu und wäre auch für die einfach brechenden [Krystalle keine Erklärung, obgleich auch diese Schichtenbildung zeigen. Wie gesagt, bin ich daher der Meinung, dass die Schichtung auf den gleichen Verhältnissen beruht wie bei den Sphären, nämlich auf der Bildung dichterer und weniger dichter Schichten, indem in den weniger dichten feinste Lückenräume vorhanden sind, die zwar auch den dichteren wohl nicht fehlen, aber meist so klein sind, dass sie sich der Beobachtung entziehen.

Die Richtigkeit dieser Vermuthung habe ich nur an einem Dünnschliff schön und fein geschichteter Plagioklaskrystalle aus einem Andesit geprüft, welchen ich der Güte meines verehrten Kollegen Rosenbusch verdanke.

Zu weiteren Studien auf diesem Gebiet bin ich auch nach meinem vorläufigen Bericht von 1894 nicht gekommen, da mich andere Untersuchungen in Anspruch nahmen und mir der Gegenstand natürlich auch etwas fern liegt. Das, was ich in dem vorläufigen Bericht hierüber bemerkte, soll hier namentlich durch die Reproduktion dreier Photographien erläutert werden (s. Taf. 8, Fig. 4a—c). Diese Photographien stellen eine kleine Partie eines solchen Krystallschliffs dar, der sehr fein geschichtet ist. Die Vergrösserung ist 450. Bei möglichst scharfer mittlerer Einstellung bemerkt man nun (s. Fig. 4b) ausser den regelmässig alternirenden dunklen und hellen Schichten keine Struktur, was mit den Erfahrungen übereinstimmt, welche wir schon früher besprachen (s. p. 12): dass nämlich feine Strukturen, welche auf Brechungsunterschieden beruhen, bei mittlerer Einstellung nahezu oder völlig verschwinden. Sowohl bei tiefer wie hoher Einstellung aber (s. Fig. 4a und 4c) tritt eine, wenn auch schwache, so doch ganz deutliche, kämmerige Struktur der einzelnen Schichten hervor, die, soweit ein Urtheil möglich ist, sich nicht nur auf die hellen, sondern auch auf die dunklen Schichten zu erstrecken scheint. Bei hoher Einstellung haben sich natürlich die hellen und dunklen Schichten umgekehrt; was bei tiefer Einstellung dunkel erscheint, ist hier hell und umgekehrt. Dass sich bei hoher Einstellung ein ganz ähnliches Bild ergeben muss wie bei tiefer, folgt aus dem, was früher über die falschen hohen Netzbilder bemerkt wurde. Natürlich liesse sich nach diesen Bildern nicht wohl entscheiden, ob es sich um Hohlräumchen oder um eine Zusammensetzung aus Globulitenreihen handelt. Nach den Erfahrungen, welche wir aber an den Krystallen und Sphären des kohlensauren Kalks gemacht haben, müssen wir auch hier die erstere Auffassung für die richtige halten.

Auffallend erscheint, dass die Kämmerchen bei der nicht sehr starken Vergrösserung der Photographien verhältnissmässig gross erscheinen. Ich halte aber die

[1]) Jahrb. f. Mineralogie. 1867. p. 700—701.

Grösse für übertrieben. Einmal deshalb, weil bei tiefer Einstellung das helle Bild feiner Hohlräumchen sich überhaupt vergrössert, wie auch auf diesen Photographien zu erkennen ist, da man bei mittlerer Einstellung (4b) einige schwächer lichtbrechende feine Einschlüsse bemerkt, die auf dem tiefen Bild vergrössert erscheinen, und weil, wie wir früher schon fanden, bei sehr tiefer Einstellung die Maschenräume immer weiter erscheinen, indem benachbarte zusammenfliessen. Dass aber hier sehr tiefe Einstellung genommen wurde, ist sicher, weil sehr feine blasse Strukturen bei dieser Einstellung stets am deutlichsten sind und daher auch hier eine solche Einstellung sicher vorliegt[1]).

9. Phytovitellinkrystalle.

Da ich über diesen Gegenstand seit der Veröffentlichung meines vorläufigen Berichtes keine weiteren Untersuchungen angestellt habe, so lasse ich, der Vollständigkeit wegen, hier nur das abdrucken, was ich 1894 auf p. 29—31 darüber ausführte und verweise gleichzeitig auf die 1894 Taf. IV Fig. 6 gegebene Mikrophotographie eines Sphärokrystalls von Phytovitellin.

„Gelegentliche Untersuchungen der von Grübler aus Kürbissamen dargestellten Phytovitellinkrystalle, welche ich dem Heidelberger physiologischen Institut verdanke, ergaben wenigstens so viel, dass auch diese und ebenso wohl auch die übrigen quellbaren Eiweisskrystalle denselben Bau besitzen wie die Sphärokrystalle und, wie wir wohl zu schliessen berechtigt sind, auch die eigentlichen geschichteten Krystalle. Das von mir untersuchte Material bestand theils aus mehr oder weniger gut ausgebildeten Krystallen, theils dagegen aus kugeligen Gebilden, welche sich sowohl im äusseren Aussehen, als auch hinsichtlich der feineren Struktur wie Sphärokrystalle verhielten.

Bekanntlich ist eine Schichtung der Eiweisskrystalloide schon mehrfach beobachtet worden und namentlich hat Schimper (1891) darüber Genaueres mitgetheilt. Beim Quellen wird die Schichtung in der Regel viel deutlicher oder tritt in dem zuvor scheinbar homogenen Krystalloid erst hervor. Ich habe daher die Krystalle gleichfalls in gequollenem Zustand untersucht, indem ich sie theils einfach in Wasser brachte, theils darin etwas erwärmte, oder auch in Wasser, dem eine Spur Essigsäure zugesetzt war, der Quellung unterwarf. Auf diese Weise findet man unter den Krystalloiden stets einige, welche in der Regel sehr feine und gleichmässige Schichtung deutlichst zeigen. Im Centrum des Krystalls liegt sehr gewöhnlich ein ungeschichteter centraler Kern, der an den der Stärkekörner erinnert. Was ich durch meine nur wenig ausgedehnten Beobachtungen dem seither Bekannten mit Sicherheit zufügen kann, ist nur das, dass die feinen Schichten, ebenso wie bei den Stärkekörnern und den übrigen geschilderten Sphärokrystallen, von zarten Radiär-Bälkchen

[1]) Erst nach Abschluss des Manuskriptes habe ich eine Reihe Untersuchungen über Krystallisation von Schwefel und unterschwefligsaurem Natron aus dem Schmelzfluss begonnen. Die dabei gesammelten Erfahrungen sprechen durchaus für die Richtigkeit der oben entwickelten Ansicht, dass auch die feine Schichtung der Krystalle auf den gleichen Strukturverhältnissen beruhe wie die der Sphärokrystalle. Eine kurze Darlegung der Ergebnisse dieser neuen Untersuchungen lasse ich in einem Nachtrag zu Abschnitt IV, 10 dieses Werkes folgen.

durchsetzt werden, dass also die feine Struktur der Schichten im Wesentlichen ganz dieselbe ist, die wir im Vorstehenden bei den analogen Gebilden antrafen.

Der erwähnte Kern ist jedenfalls wie der der Stärkekörner unregelmässig wabig[1]), so dass Schimper ganz richtig einen spongiösen Bau desselben vermuthet hat. — Neben den sehr deutlich geschichteten Krystalloiden finden sich jedoch auch solche, die mehr zum Radiärstrahligen hinneigen. Die strahlige Ausbildung tritt aber namentlich an den kugeligen sphärokrystallinischen Gebilden hervor, welche zum Theil noch einen gemischt geschichteten, radiärstrahligen Bau besitzen, zum Theil aber ganz radiärstrahlig ohne Andeutung von Schichtung sind. Stets kann man jedoch bemerken, dass die feinen Radiärstrahlen durch Querbälkchen unter einander zusammenhängen, dass also dieser Bau nur eine Modifikation des geschichteten ist und sich, wie ja auch die allmählichen Uebergänge beweisen, aus diesem ableiten lässt.

Als einziges Resultat meiner, wie gesagt, nur geringfügigen Studien über die Eiweisskrystalloide betone ich daher nochmals, dass diese Krystalle hinsichtlich ihrer feineren Struktur mit den Sphärokrystallen und den geschichteten sonstigen Krystallen übereinstimmen. Da sie quellbar sind und in Folge dessen ihre Strukturen deutlicher zur Ansicht zu bringen sind, möchten sie sich gerade zum Studium dieser Verhältnisse besonders empfehlen."

10. Bemerkungen über Schwefelglobuliten.

Beim Verdunsten einer Lösung von Schwefel in Terpentinöl auf dem Objektträger bildeten sich eine grosse Menge kleiner Schwefelglobuliten, deren zähflüssige Natur leicht daraus hervorging, dass sie häufig zu grösseren zusammenflossen. Gewisse optische Eigenthümlichkeiten des mikroskopischen Bildes dieser Globuliten wurden schon früher besprochen (s. p. 17), ebenso ihrer ziemlich kräftigen Oberflächenpolarisation gedacht (s. p. 33 ff.). Diese Globuliten erhielten sich auf dem Objektträger, von einem mit Wachsfüsschen gestützten Deckglas geschützt, viele Wochen lang flüssig; nur hier und da trat krystallinische Erstarrung oder Kryställchenbildung auf. Nach zwei bis drei Wochen liess sich an den grösseren Globuliten (Dm. ca. 0,01—0,026 mm) eine interessante Veränderung wahrnehmen, welche in mancher Hinsicht wichtig erscheint und genauere Untersuchung verdient. Die betreffenden Globuliten erschienen nun nicht mehr homogen wie früher, sondern deutlich emulsiv bis schaumig, indem zahlreiche schwächer lichtbrechende Tröpfchen in ihrer Substanz aufgetreten waren. Bei recht grossen Globuliten waren diese Tröpfchen unregelmässig und in grösseren Abständen in der Grundsubstanz zerstreut, was deutlich feststellen liess, dass es sich thatsächlich um schwächer lichtbrechende Tröpfchen handelte. In den kleinen dagegen beobachtete man die Tröpfchen vielfach so dicht zusammengelagert, dass eine schaumige Beschaffenheit der Globulitensubstanz vorhanden war. In diesen Fällen trat gleichzeitig eine konzentrisch geschichtete Anordnung der Tröpfchen um das Centrum der Globuliten mehr

---

1) Meine jetzt etwas veränderte Ansicht über den feineren Bau der Centralpartie oder des sog. Kernes der Stärkekörner wird weiter unten, im Abschnitt über die Stärkekörner, dargelegt werden.

oder weniger deutlich hervor. Dies zeigen die Photographie 5 Taf. 8 (Vergr. 1730, tief), sowie die nebenstehenden Textfiguren 48 a—b bei tiefer (a) und hoher Einstellung (b) recht gut. Wegen der starken Brechung der Schwefelglobuliten und dem damit verbundenen starken Hervortreten der Diffraktionsringe hat diese Beobachtung gewisse Schwierigkeiten; da jedoch die Erscheinung auch bei weit geöffneter Blende gut zu sehen war, bezweifle ich nicht, dass die Verhältnisse in der That so liegen, wie geschildert.

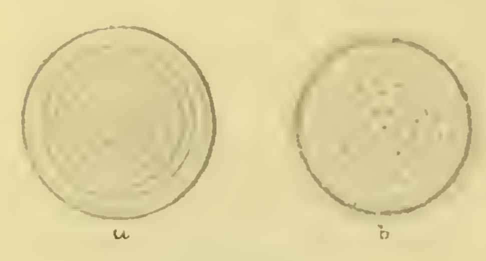


Fig. 48.

Schwefelglobulit aus einer Lösung von Schwefel in Terpentinöl erhalten. Ca. 2—3 Wochen nach der Darstellung Geschichtet schaumig-wabig. Obj. 2. Oc. 12. a tief, b hoch.

Leider ging das Präparat bei der Aufbewahrung durch Eindringen des Schutzlacks zu Grunde, so dass ich nichts über die weitere Umgestaltung der Globuliten, die jedenfalls viel Interesse besitzt, anzugeben vermag. Sicher festzustellen war, dass sie im schaumigen Zustand noch zähflüssig waren.

Die nächstliegende Vermuthung ist die, dass die Globuliten, welche wir wohl sicher als eine, gewissermassen überschmolzene Lösung von wenig Terpentinöl und viel Schwefel aufzufassen haben, im Laufe der Zeit eine weitere Entmischung unter Ausscheidung des Lösungsmittels in Tröpfchenform erfahren haben, ähnlich wie wir derartiges auch bei den durch Alkohol aus der Lösung ausgeschiedenen Tröpfchenglobuliten der Gummilösung annehmen müssen (s. p. 55 ff.). Die Beurtheilung der Sachlage hat hier nur insofern eine gewisse Schwierigkeit, als, wie ich schon früher (1894) bemerkte, bei der langen Einwirkung von Schwefel auf Terpentinöl chemische Veränderungen nicht ausgeschlossen erscheinen.

Untersuchungen über die Erstarrung des Schwefels aus dem Schmelzfluss.

Im Frühjahr 1898, nach Abschluss des Manuskriptes, beschäftigte ich mich aus Gründen, welche im folgenden Abschnitt 12 hervortreten werden, eingehender mit dem Verhalten sehr kleiner bis grösserer Tröpfchen geschmolzenen oder am Deckglas ansublimirten Schwefels. Wie mir scheint, wurden dabei einige, für die hier erörterten Fragen recht wichtige Ergebnisse erzielt, über die jedoch an diesem Ort nur ganz kurz berichtet werden kann, um so mehr, als die zu ihrem Verständniss nothwendigen Abbildungen nicht beigegeben werden können. Ebenso kann ich auf die frühere Litteratur über diesen Gegenstand hier nicht eingehen. Die Resultate sind nun kurz etwa folgende.

1. Sowohl die durch Sublimation am Deckglas erzeugten feinsten bis etwas gröberen Tröpfchen, als auch die durch Schmelzen zwischen Deckglas und Objektträger erhaltenen Tröpfchen überschmolzenen Schwefels können nicht nur wochen- sondern monatelang flüssig bleiben, ja es scheint, dass sie ohne hinzutretende äussere Ursache überhaupt nicht erstarren.

2. In den am Deckglas hergestellten Sublimationspräparaten tritt die Erstarrung auch ohne bemerkbare äussere Verursachung nach einiger Zeit an einem oder einigen Punkten des frei über Luft aufgestellten, unterstützten Deckglases auf, und schreitet von hier sehr langsam allseitig fort, so dass sich runde, weissliche, mit blossem Auge gut sichtbare Flecke bilden, die aus erstarrtem krystallinischem Schwefel bestehen. Dies Fortschreiten der Erstarrung und Krystallisation von dem erstmaligen Centrum aus beruht darauf, dass die ersterstarrten Tröpfchen langsam krystallinisch auswachsen und daher schliesslich mit den benachbarten zur Berührung kommen, worauf diese momentan erstarren. Auf diese Art schreitet die Erstarrung sehr langsam, Wochen hindurch, fort. Nach einer gewissen Zeit (einige Wochen und länger) hört jedoch das Wachsen der Flecken erstarrten Schwefels auf, indem sich aus unter 3 hervorzuhebenden Gründen eine von Tröpfchen freie Zone um den Rand des Fleckes gebildet hat. Die im Umkreis dieses Randes befindlichen Tröpfchen sind noch jetzt (ca. 2½ Monate nach der Herstellung der Präparate) unverändert flüssig.

3. Das unter 2 erwähnte krystallinische Auswachsen der erstarrten Tröpfchen beruht auf Verdampfung und Sublimation der überschmolzenen Schwefeltröpfchen bei gewöhnlicher Temperatur. Dass dies unmöglich anders sein kann, ist aus vielen Beispielen zu ersehen.

Namentlich geht es zweifellos daraus hervor, dass sich an manchen Stellen zwischen den Sublimationströpfchen einzelne Kryställchen und Krystallskelette bilden, die allmählich und häufig recht regelmässig heranwachsen, wobei die nächstumgebenden Tröpfchen, unter Verkleinerung, langsam verschwinden. Auf diese Weise bildet sich um die heranwachsenden Kryställchen ein tröpfchenfreier Hof von der Art des globulitenfreien Hofes, der so vielfach um heranwachsende Kryställchen beobachtet wurde, die aus Lösungen entstehen. Im vorliegenden Fall, wo der Krystallisationsprozess frei in dem Luftraum zwischen Deckglas und Objektträger geschieht, kann der Hof nur auf Verdunstung der Schwefeltröpfchen beruhen und die in seinem Centrum heranwachsenden Kryställchen können nur durch die zugeführten Schwefeldämpfe wachsen.

Entscheidender noch ist folgender Beweis. An vielen Stellen der Deckgläser bilden sich vereinzelte eigenthümliche Schwefelkryställchen in der vorhin geschilderten Weise. Es sind ungemein dünne Plättchen von gewöhnlich länglich rhombischem Umriss und gehören nach den Untersuchungen meines verehrten Kollegen Dr. Salomon zu der bis jetzt nur selten beobachteten, von Muthmann[1]) genauer krystallographisch beschriebenen, zweiten monoklinen Schwefelmodifikation.

Die grosse Dünne dieser Plättchen ist die Ursache, dass sie vielfach prächtige Interferenzfarben zeigen. Sehr häufig wachsen nun diese Plättchen von dem Deckglas in den darunter liegenden Luftraum frei und tief hinab, ein Umstand, der zweifellos beweist, dass ihr Wachsthum nur durch die Schwefeldämpfe, welche den Tröpfchen entstammen, bewirkt werden kann.

4. Wie unter 2 bemerkt, erstarren die sublimirten oder geschmolzenen Tröpfchen sofort, wenn sie von einem festen Schwefeltheilchen berührt werden. — Werden etwas grössere überschmolzene Tröpfchen (wie man sie bei Druck auf das Deckglas durch Zusammenfluss der feinen sublimirten leicht erhält oder auch direkt durch Schmelzen feiner Schwefelpartikelchen zwischen Deckglas und Objektträger darstellen kann) durch Druck auf das Deckglas stark gepresst, so tritt gleichfalls momentane Erstarrung häufig ein. Nicht selten kann man die Tröpfchen jedoch wiederholt und stark quetschen, ohne dass sie Neigung zum Erstarren zeigen. Häufig schien beim Erstarren ein kleines festes Fremdkörperchen als Ausgangspunkt des Festwerdens mitzuwirken.

Verfolgt man etwas grössere Tröpfchen, welche sich (wie unter 2 beschrieben) gegenseitig durch Heranwachsen krystallinischer Auswüchse allmählich zum Erstarren bringen, so bemerkt man, wie das Erstarren von dem Berührungspunkt aus fast momentan durch das Tröpfchen hindurchschreitet, wobei dasselbe seine äussere Form nicht ändert und seinen glatten Randkontur unverändert bewahrt. Während es jedoch zuvor nur schwache Oberflächenpolarisation (s. oben p. 32) zeigte, wird es sofort so stark doppelbrechend, dass es ohne Gypsplättchen schönste Farben zwischen gekreuzten Nicols darbietet. Das erstarrte Tröpfchen besitzt gewöhnlich eine sehr feinstrahlige Struktur, welche von dem Erstarrungspunkt allseitig ausgeht. Das Tröpfchen ist, wie auch die Untersuchung zwischen gekreuzten Nicols klar zeigt, zu einem Sphärokrystall geworden, jedoch einem unvollständigen, weil der Erstarrungspunkt, der Ausgangspunkt der Strahlung, excentrisch im Rande liegt. Die beiden dunkeln Kreuzschenkel sind zwischen gekreuzten Nicols schön zu sehen; im Uebrigen ist das Farbenbild wegen der starken Polarisation etwas komplizirt, da einige oder zahlreiche Ringe der Farben verschiedener Ordnung sich vom dünnen Rand gegen die dickere Mitte wiederholen. Ich kann daher eine genauere Beschreibung ohne Abbildungen hier nicht geben. — Vorhin wurde erwähnt, dass gewöhnlich eine sehr zarte, doch mit starken Vergrösserungen deutliche Strahlung vom Erstarrungspunkt der Tröpfchen allseitig ausgeht, dass sie also den Charakter strahliger Sphärokrystalle zeigen. An günstigen Exemplaren zeigt sich jedoch weiterhin, dass diese Strahlung auch hier auf einem feinen Wabenbau beruht. Ich habe dies mit aller Sicherheit sofort nach der Erstarrung festzustellen vermocht und gute Photographien liegen darüber vor.

Die gleichen Ergebnisse erzielt man auch, wenn man etwas grössere Tröpfchen zwischen Deckglas und Objektträger durch Druck zum Erstarren bringt. Man kann auch in diesen Fällen die rasch durch den Tropfen fortschreitende Erstarrung gut verfolgen. Obgleich der Erstarrungspunkt auch unter diesen Umständen gewöhnlich nahe am Rand, stark excentrisch, liegt, so findet er sich doch fast nie im Rande selbst. Zuweilen liegt er auch fast oder genau im Centrum des scheibenförmig abgeplatteten Tröpfchens, so dass dies eine ganz regelmässige Sphärenscheibe darstellt, mit regulär orthogonalem, dunklem Kreuz zwischen gekreuzten Nicols. Wie bemerkt, erstarren die gepressten Tröpfchen im Moment stärkster Abplattung oder auch im Moment, wenn der Druck nachlässt. Da nun die Tröpfchen bei der Abplattung

---

1) Zeitschrift für Krystallographie. Bd. 17. 1890.

häufig sehr unregelmässige Formen annehmen und dies wegen der unregelmässigen Adhäsion an den Glasflächen noch mehr thun, wenn der Druck etwas nachlässt, so findet man häufig sehr unregelmässig gestaltete erstarrte Tropfen mit Ausläufern u. dergl. Noch viel mehr tritt dies hervor, wenn man ein Sublimationspräparat ähnlich behandelt, wobei durch den unregelmässigen Zusammenfluss der gepressten Tröpfchen häufig ganz eigenthümlich gestaltete, plasmodienartig erstarrte Tropfengebilde entstehen. Bei der Erstarrung geht die entstehende Strahlung auch in diesen irregulären Tropfengebilden vom Erstarrungspunkt regelmässig durch alle Ausläufer und Zweige hindurch.

Noch grössere Tröpfchen, welche durch Pressung zum Erstarren gebracht werden, zeigen gewöhnlich mehrere Erstarrungspunkte, so dass sich mehrere zusammenstossende Sphärenscheiben bilden oder auch nur verschieden gerichtete strahlige Züge, ohne bestimmt centrirten Charakter. Der Rand, resp. die Oberfläche aller dieser Tröpfchen ist sofort nach der Erstarrung vollkommen glatt. Gleich nach der Erstarrung ist entweder nur eine feinstrahlige Struktur wahrzunehmen oder ein äusserst schöner und klarer strahliger, hie und da auch konzentrisch-strahliger Wabenbau. Die betreffenden Strukturen sind manchmal geradezu überraschend.

5. Wie unter 4 bemerkt wurde, besitzen die erstarrten Tröpfchen zunächst eine ganz glatte Oberfläche wie im flüssigen Zustand. Dies beginnt sich jedoch bei den Tröpfchen, welche inmitten flüssiger liegen, rasch zu ändern, indem schon nach sehr kurzer Zeit aus der Oberfläche feine Krystallspitzen herauswachsen und sie rauh machen. Bei den, durch gegenseitige Berührung erstarrten Tröpfchen bilden sich diese Krystallspitzen fast ausschliesslich auf der vom Erstarrungspunkt abgewendeten Seite. Da diese aufwachsenden Kryställchen allmählich, wenn auch gewöhnlich nur vereinzelter, sehr stark auswachsen können, so unterliegt es keinem Zweifel, dass ihre Bildung nicht von der Substanz der erstarrten Tropfen ausgeht, sondern von den Schwefeldämpfen, die den im Präparat vorhandenen flüssigen Tröpfchen entstammen. In dieser Weise überziehen sich die erstarrten Tröpfchen meist allseitig oder auch einseitig mit einer rauhen, krystallinischen Rinde, welche den umhüllten ursprünglichen Tropfen meist recht unkenntlich macht. Auf diesem Auswachsen entstehender Krystallspitzen beruht die unter 2 geschilderte fortschreitende Erstarrung in den Sublimationspräparaten.

6. Grössere Schwefeltropfen, die zwischen Deckglas und Objektträger zu dünner Schicht geschmolzen werden, erstarren stets nach kurzer Zeit spontan, wobei unter Umständen selbst an grösseren nur ein Erstarrungspunkt auftreten kann. Typisch sphärokrystallinische Bildungen kommen jedoch in dieser Weise nicht mehr zur Entwickelung, da ohne Zweifel während der fortschreitenden Erstarrung der Masse zahlreiche lokale neue Erstarrungspunkte gebildet werden und so eine regulär centrirte Strahlung nicht mehr entsteht.

7. Unter 4 wurde bemerkt, dass die gepressten erstarrten Tropfen häufig eine ganz prächtige strahlige Wabenstruktur zeigen, welche gleichmässig durch die ganze Masse hindurchgeht. Am Rand ist diese Struktur stets durch eine zusammenhängende Linie abgeschlossen, die Maschenräume sind nicht etwa am Rande geöffnet. Diese Struktur verändert sich jedoch gewöhnlich rasch und auffallend. Es sieht aus, als wenn sich gewisse Maschen erweiterten, andere dagegen verengerten, so dass die gesammte Struktur grobmaschiger wird. Schliesslich können sich auf diese Weise aus der ursprünglich gleichmässig feinwabigen Struktur grössere strahlig geordnete, nahezu oder ganz homogen erscheinende Krystallnadeln oder -platten entwickeln, die noch maschig verbunden sind. Inwiefern bei diesem Umbildungsprozess Schwefeldämpfe, die ja an der Bildung der krystallinischen Randauswüchse zweifellos betheiligt sind, mitwirken, ist schwierig zu entscheiden. Jedenfalls spielt aber dabei auch innere Umwandlung der ursprünglichen Struktur eine wichtige Rolle, wovon gleich genauer zu handeln sein wird.

8. Grössere, zwischen Deckglas und Objektträger erstarrte Schwefelschichten zeigen sofort nach dem Festwerden ebenfalls eine sehr feine strahlige Struktur, seltener dagegen wenigstens streckenweise eine strahlig-wabige. Wegen der manchmal sehr frühzeitig eintretenden Umwandlung des erstarrten monoklinen Schwefels in die rhombische Modifikation lässt sich jedoch schwierig entscheiden, ob in den letzteren Fällen nicht schon eine sehr rasche Umwandlung stattgefunden hat. Häufig sieht man sofort bei der Erstarrung dunklere, der allgemeinen Strahlung folgende Züge auftreten, die, wie die genauere Untersuchung zeigt, aus zahlreichen sehr kleinen Hohlräumchen bestehen. In ähnlicher Weise treten beim Erstarren ausgedehnterer Schichten auch konzentrisch zu dem Anfangspunkt der Erstarrung verlaufende, jedoch gewöhnlich etwas polygonal-eckige Hohlräumchenzüge auf. Aus diesen gehen jedoch durch Vereinigung und schliessliche Kontinuitätstrennung im Bereich der Züge häufig wirkliche Sprünge hervor. Ebenso können auch die Radialzüge gelegentlich zu wirklichen Sprungbildungen führen. Dass diese Kontinuitätsaufhebungen wirklich auf dem Auftreten der Hohlräumchen beruhen, lässt sich häufig noch in der erstarrten Masse nachweisen, indem Sprünge in ihrem Verlauf in Hohlräumchenzüge oder -reihen übergehen.

9. Früher oder später beginnt in der erstarrten Schwefelmasse die Umwandlung der monoklinen

in die rhombische Modifikation. An sehr kleinen Partien setzt dieser Umwandlungsprozess häufig schon wenige Minuten nach der Erstarrung ein, an grösseren dagegen kann es einige Stunden, ja Tage dauern, bis deutliche Anzeichen davon wahrzunehmen sind. Makroskopisch macht sich, wenigstens an etwas dickeren Schichten, diese Umwandlung dadurch bemerkbar, dass die zuvor klar durchsichtige Schicht trübe und gelblich wird. Manchmal kann man die Umwandlung, von einer Stelle beginnend, rasch durch die Schicht fortschreiten sehen, so dass man unter dem Mikroskop das Fortschreiten verfolgen kann; in anderen Fällen geht der Prozess viel langsamer vor sich. Im Allgemeinen ist der Umwandlungsprozess dadurch charakterisirt, dass in der feinstrahligen oder auch streckenweise homogen erscheinenden Masse dicht gedrängte feine Hohlräumchen auftreten, so dass eine schön wabige Struktur entsteht. Obgleich diese Struktur namentlich in der oberen und unteren Grenzregion der Schicht klar hervortritt, kann man sie doch häufig stellenweise, oder ausgedehnter, durch die ganze Schicht verfolgen. Das deutlichere Hervortreten in den oberen und unteren Regionen oder sonstwo, rührt also wohl nur daher, dass die Struktur hier gröber ist. Allmählich verändert sich diese Struktur nun derart, dass sich in mehr regelmässiger oder unregelmässiger Weise Züge der Hohlräumchen zu gröberen Lücken vereinigen, während die zwischenliegenden Partien homogener werden, aber doch häufig noch Anzeigen der Struktur erkennen lassen.

Durch diesen Vorgang, der hier nur in aller Kürze und in seinen wesentlichen Grundzügen angedeutet werden kann, kommt es in gewissen Fällen schliesslich dazu, dass in der umgewandelten, vor der Umwandlung durchaus kontinuirlichen Schicht eine Menge klaffender Spalten und Lückenräume auftreten, welche durch die ganze Schicht hindurchgehen und ziemlich weit werden können. Dies lässt sich wohl nur so verstehen, dass wirklich eine Verdichtung der Substanz und daher eine allmähliche Erweiterung der ursprünglich ganz schmalen Lücken stattfindet. Dass alle Lückenräume und Spalten anfänglich aus Reihen feiner Hohlräumchen hervorgehen, ist auch an umgewandelten Präparaten häufig gut nachweisbar, da man die Fortsetzung einer Lücke in eine Hohlräumchenreihe oder umgekehrt, vielfach verfolgen kann. Die eigentlichen Substanzpartien, die, wie oben bemerkt, eine homogenere Beschaffenheit annehmen, erhalten mehr oder weniger deutlich krystallinische Umrisse, so dass die ganze Schicht in eine Lage mehr oder weniger verwachsener und unvollständiger Krystalle übergeht. Es lässt sich deutlich verfolgen, dass die regelmässigen Umrisse dieser Krystallindividuen, welche in die Lückenräume frei hineinragen, dadurch hervorgegangen sind, dass die Hohlräumchen ursprünglich in gewissen regelmässigen Reihungen und Anordnungen auftraten. Alle Begrenzungen der gebildeten Krystallindividuen, mögen sie nun wirklich freie, gegen Lückenräume gerichtete Krystallflächen oder durch Verwachsung mit benachbarten Individuen mehr oder weniger verbunden sein, sind dadurch entstanden, dass Kontinuitätstrennungen, resp. auch nur Lockerungen, in gewissen Reihen ursprünglicher Hohlräumchen eintraten.

Die auf die geschilderte Weise entstandenen Krystallindividuen zeigen in der Regel keine durchgehende gleichmässige Struktur, sondern besitzen eine anscheinend homogene Grundsubstanz, die jedoch bei genauerem Zusehen in der Regel von Zügen, Reihen und Schichten feiner Hohlräumchen durchsetzt ist.

Dies lässt schon vermuthen, dass auch ihre anscheinend homogene Substanz wohl einen ähnlichen, nur sehr feinen Bau besitzt. Diese Vermuthung wird dadurch bestätigt, dass man auch Präparate erhält, die durch und durch umgewandelt sind (2½ Monate alt), in denen Spalten und Lückenbildungen in viel geringerem Grade aufgetreten und daher auch gesonderte Krystallindividuen viel weniger ausgebildet sind. In solchen Präparaten findet man auf weite Strecken die prachtvollste wabig-strahlige Struktur und auch an einzelnen deutlicher umrissenen Krystallblättern schönst geschichtete wabige Strukturen parallel den Umrissen und durchaus entsprechend den Bauverhältnissen, die wir früher bei Sphärokrystallen und wirklichen Krystallen gefunden haben. Dass die Struktur durch die ganze Dicke der Schicht und der Krystallblätter hindurchgeht, lässt sich leicht nachweisen. Da nun in solchen Präparaten auch vielfache Uebergänge zu anscheinend homogenen Stellen und Krystallblättern sich finden, so ist kaum daran zu zweifeln, dass die anscheinende Homogenität nur auf der Verfeinerung der Struktur beruht.

Einmal wurde bei der Umwandlung einer Schicht auch das Entstehen zahlreicher, dicht gedrängter Sphären beobachtet, die einen vorzüglich wabigen, jedoch etwas unregelmässigen Bau besassen.

Bei der Umwandlung kleinerer sphärokrystallinisch erstarrter Tropfen kommt es häufig vor, dass die umgewandelte Masse vollkommen die ursprüngliche sphärokrystallinische Bildung bewahrt, nur mit deutlicherer Ausprägung des schön strahligen und zuweilen auch etwas konzentrischen Wabenbaues. Ich muss dies daraus schliessen, dass ich Monate alte derartige Präparate besitze, deren Umwandlung sicher vollzogen sein muss. Aus diesen Erfahrungen möchte ich auch entnehmen, dass die oben unter 5 geschilderte Umbildung stark gepresster sphärokrystallinischer Tropfen zu gröberem Wabenwerk und schliesslich zu radiär geordneten Kryställchen wenigstens zum Theil auf der Umwandlung beruht. Es wurde jedoch schon bemerkt, dass in diesen Fällen die Mitwirkung von Schwefeldämpfen

nicht auszuschliessen war. Wie zu erwarten, zeigen die geschilderten Umwandlungsprozesse im Einzelnen noch so viele Modifikationen, dass hier nur das Wesentlichste hervorgehoben werden konnte.

10. Einige Untersuchungen über die Erstarrung und Krystallisation von unterschwefligsaurem Natron aus dem Schmelzfluss haben bis jetzt in vieler Hinsicht ähnliche Ergebnisse wie beim Schwefel geliefert. Genauer auf diese, noch nicht genügend durchgeführten Untersuchungen einzugehen, erscheint nicht angezeigt.

11. Aus den angeführten Ergebnissen dürfte die Vermuthung bestätigt werden, auf Grund deren die Untersuchung begonnen wurde. Schon die feinstrahlige Struktur der eben erstarrten Schichten, die sich bei den kleinsten Tröpfchen sicher als eine feinstrahlig-wabige erkennen liess, verräth, dass der erstarrte Tropfen nicht homogen sein kann, denn die Wahrnehmung irgend einer Struktur ist nur auf Grund von Dichtigkeitsdifferenzen möglich. Verbinden wir hiermit noch die bei der Umwandlung gemachten Erfahrungen, welche die Ausbildung wabig-kämmeriger Strukturen auf das Klarste zeigen, so lässt sich nicht daran zweifeln, dass sowohl bei der ersten Erstarrung wie bei der Umwandlung solche Strukturen auftreten. Die Bildung derartiger, auf starken Brechungsdifferenzen beruhender Strukturen in einer ursprünglich homogenen flüssigen Substanz kann unter den gegebenen Umständen nur darauf beruhen, dass bei der Erstarrung eine Verdichtung der Schwefelsubstanz stattfindet, ohne dass gleichzeitig das Gesammtvolum eine wesentliche Aenderung erleidet. Dass letzteres wirklich der Fall ist, darauf wurde schon oben unter 4 hingewiesen. Unter diesen Umständen müssen sich eine Menge feinster Hohlräumchen bilden, welche die gesammte erstarrte Masse durchsetzen. Die Hohlräumchen sind ganz schwach lichtbrechend, wie sich auch durch ihre Bildgebung feststellen lässt und können daher vermuthlich nur Schwefeldampf enthalten. — Ich gebe gerne zu, dass dieser Vorgang einstweilen noch viel Unverständliches bietet, da man, wenn eine solche Dichteänderung bei der Erstarrung stattfindet, eher erwarten möchte, dass sie zu einer starken Gesammtkontraktion des erstarrenden Körpers führt, nicht aber zur Entstehung feinster, die gesammte Masse durchsetzender Hohlräumchen. Hier mögen diese Erwägungen jedoch einstweilen bei Seite bleiben und allein das Thatsächliche betont werden, welches meiner Meinung nach in den Hauptsachen ausser Zweifel stellt, dass bei der Erstarrung aus dem Schmelzfluss ein Vorgang sich abspielt, der in vieler Hinsicht an die Erstarrung einer Gallerte erinnert.

Wie schon oben gelegentlich angedeutet wurde, modifiziren diese, erst nach Absendung des Manuskriptes ausgeführten Untersuchungen meine, an verschiedenen Stellen dieses Werkes geäusserten Ansichten über die Entstehung von Sphärokrystallen und die vermuthliche Bildungsweise der kämmerig-alveolären Strukturen sphärokrystallinischer und krystallinischer Gebilde, also namentlich die im folgenden Abschnitt 12 vorgetragenen Ansichten, sehr wesentlich. Durch diese Erfahrungen scheint mir die Wahrscheinlichkeit viel näher gerückt zu sein, dass auch die wabenartigen Strukturen krystallinischer Körper im Prinzip mit den echt wabigen viel näher übereinstimmen, als dies anfänglich anzunehmen oder auch nur zu vermuthen war.

11. Einige Versuche über Niederschlagsmembranen.

Da die sog. Niederschlagsmembranen theils durch Gerinnung kolloidaler Substanzen, theils durch Fällung gewisser Verbindungen, welche bei ihrer Entstehung leicht im kolloidalen Zustand auftreten, erhalten werden, so lag die Voraussetzung nahe, dass diesen Membranen ebenfalls ein feinwabiger Bau zukommen müsse. Dies schien um so wahrscheinlicher, als schon Frank Schwarz (1887 p. 157) wenigstens für die Membran aus β-Leim und Gerbsäure einen vakuolig-wabigen Bau nachgewiesen und bei einer Anzahl anderer Membranen eine körnige, fibrillär-körnige oder netzig-körnige Struktur geschildert hat. Meine Untersuchungen beschränken sich auf einige Versuche über Membranen aus essigsaurem Kupfer oder Eisenchlorid mit Ferrocyankalium und β-Leim mit Gerbsäure. Ausgeführt wurden sie derart, dass ein kleiner Tropfen der Kupfer- oder Eisensalzlösung (5 %) auf das Deckglas gegeben und dann dieses umgekehrt (natürlich mit Wachsfüsschen versehen) in einen grösseren Tropfen der Blutlaugensalzlösung (5 oder $2^1/_2$ %) auf dem Objektträger gesetzt wurde. In derselben Weise wurde auch mit β-Leim (Gelatine) operirt. Der auf dem Deck-

glas etwas eingetrocknete Tropfen wurde in einen grösseren von 5% Gerbsäurelösung eingesetzt.

Bei den Versuchen mit β-Gelatine begann die Membranbildung sofort und das Wachsthum war sehr energisch. Die Membran zeigte sich namentlich auf der Unterseite des Leimtropfens sehr schön radiärfaserig-wabig; doch auch auf der Oberseite der Zelle, vom Rande des Leimtropfens ab, trat die Struktur schön hervor. Gegen den Rand der wachsenden Zelle verfeinerte sich die Struktur sehr. Fig. 6, Taf. 24 zeigt eine kleine Partie der Membran und lässt die Struktur, sowie die Verfeinerung gegen den Rand der Zelle deutlich erkennen. Beim weiteren Wachsen der Zelle wurde jedoch die Struktur undeutlich. Im Innern der Zelle trat bald ein dichtes Gewimmel kleiner Körnchen und Tröpfchen auf, welche doch nichts anderes sein können als ausgeschiedener Leim, und beweisen dürften, dass auch Gerbsäure durch die Membran in das Zellinnere dringt. Nach zwei Stunden energischen Wachsens der Zelle waren diese Körnchen und Tröpfchen jedoch wieder völlig geschwunden. — Die stark gespannte, sehr dünne Membran liess auf dem optischen Durchschnitt zwei Schichten unterscheiden, nämlich eine innere (gegen die Leimlösung gerichtete) dünnere und stärker lichtbrechende und eine etwas dickere und weniger dichte äussere, welche stellenweise deutlich aus einer Schicht radiär gestellter Waben zu bestehen schien; doch wurde dies nicht ganz klar. An dickeren Stellen der Membran schien eine mehrfache Schichtung zu bestehen.

Die Ausbildung derartiger Verschiedenheiten in der Dicke führt bei weiterem Wachsthum zur Entstehung zahlreicher blasiger Ausbuchtungen der Zellwand, indem die Membran an den dünneren Stellen durch den osmotischen Druck des Inhalts vorgetrieben wird. Dass dies der Fall, lässt sich auf dem optischen Durchschnitt solcher Ausbuchtungen leicht wahrnehmen, da deren Membran auf der Kuppe der Ausbuchtungen stets ungemein dünn ist, an der Basis der Einfaltungen, zwischen den Protuberanzen, dagegen vielfach dicker.

Bei Druck wird eine solche Zelle sofort verletzt, wobei die Membran sehr stark zusammenschrumpft und faltig wird. Man muss sich hüten, solche Fältelung der zarten Membran für eine Netzstruktur zu halten.

Auch mit 5% Lösung von essigsauerem Kupfer und 2½% von Ferrocyankalium gelangen die Versuche recht gut. Die Membran zeigte in den frühen Stadien an nicht ganz dünnen Stellen den feinwabig-globulitischen Bau deutlich. Er wurde gegen die ganz dünnen Stellen zu immer undeutlicher und schwand an diesen schliesslich völlig. Die Figuren Taf. 24, 11 und Taf. 7, 10 zeigen diesen Bau deutlich, jedoch in einem etwas älteren Stadium, wo die Klarheit der Struktur durch körnige Auflagerungen schon etwas beeinträchtigt war. — Bei hoher Einstellung trat das falsche engere Netzbild deutlich hervor und der optische Durchschnitt der Haut liess häufig ganz bestimmt die Zusammensetzung aus einer Schicht von Kämmerchen erkennen. Nur an wenigen Stellen war die Membran aus 2—3 solchen Schichten zusammengesetzt. Nach einiger Zeit trat in der Umgebung der Zelle, in der Ferrocyankaliumlösung, ein feinkörniger Niederschlag auf, der sich auch auf der Membran ablagerte und die Struktur allmählich undeutlich machte. Auf diese Weise wird die Aussenfläche der Membran ganz rauh und stachlig; schliesslich wird die Haut immer dicker und dunkelroth, während sie anfänglich farblos war.

Bei einigen Versuchen zeigte sich eine sehr interessante und seltsame Erscheinung. Aus der zarten Membran des kleinen Tröpfchens von essigsaurem Kupfer oder aus den kleineren Tröpfchen dieser Lösung, welche, wie es schien, bei dem Auflegen des Deckglases abgesprengt waren, hatten sich sehr lange, dünne, vielfach verzweigte Röhren entwickelt, deren Aussehen am ehesten mit kleinen verzweigten Algen verglichen werden kann. Die Röhren wurden distal immer feiner und ihre geschlossenen Enden waren in der Regel verschmälert bis zugespitzt. Die Enden der Röhrchen werden daher auch immer blasser und sind farblos, während die dickeren Partien rothbraun erscheinen. Aeusserlich sind die Röhrchen stets von einer gallertig-wabigen, farblosen Masse umhüllt, die viel dicker als die eigentliche Röhrenwand und gegen die Ferrocyankaliumlösung nicht scharf begrenzt ist.

An den etwas dickeren Röhrchen tritt der wabig-globulitische Bau in der Flächenansicht stets recht deutlich hervor. Leider giebt die Photographie Fig. 10 Taf. 8 davon nur ein sehr mangelhaftes Bild. Das Lumen der Röhrchen ist, soweit ich feststellen konnte, von Flüssigkeit erfüllt, nicht etwa von ähnlicher gallertartiger Masse, wie sie aussen aufgelagert ist. Die Verzweigung der Röhren ist keine einfach dichotomische, sondern in der Regel derart, dass aus den Hauptröhren seitlich vereinzelte Zweige entspringen, die mit ersteren durch ein feines rundes bis elliptisches Loch kommuniziren, das häufig enger ist als der Durchmesser des sich daraus erhebenden Zweiges.

Gelegentlich gelang es, die Bildung dieser verzweigten Röhren unter dem Mikroskop zu beobachten. Sie wachsen nicht etwa langsam aus, sondern schiessen geradezu plötzlich hervor, fast momentan durch das ganze Gesichtsfeld hindurch.

Meine Untersuchungen reichen nicht aus zur Erklärung des Entstehens dieser interessanten Bildungen.

Die Versuche mit Eisenchlorid und Ferrocyankalium ergaben gleichfalls einen wabig-globulitischen Bau der Membran ähnlich wie bei essigsaurem Kupfer.

Eigenthümliche feinkörnige, körnig-fibrilläre oder körnig-netzige Strukturen verschiedener Niederschlagsmembranen hat, wie bemerkt, schon Frank Schwarz beschrieben und abgebildet (1887, p. 140—160, Taf. VI). Nach ihm sind diese Strukturen alle rein globulitische und krystallinische (mit Ausnahme jener der Membran aus β-Leim und Gerbsäure), entstanden durch Auflagerung und Einlagerung globulitischer und feinkrystallinischer Elemente auf oder in die anfänglich homogene Membran. Ich kann mich dieser Meinung nur bedingt anschliessen, d. h. nur in dem Sinne, dass die wabige Struktur der anfänglich sich bildenden Membran eine globulitisch-wabige ist, in dem Sinne, der in den Einzelschilderungen der früheren Abschnitte und in dem folgenden Kapitel dargelegt wurde.

12. Einige Bemerkungen über die Wabenstruktur krystallinischer Bildungen im Gegensatz zu den durch Gerinnung oder Eintrocknung entstehenden echten Wabenstrukturen[1]).

Schon in meinem vorläufigen Bericht von 1894 diskutirte ich auf p. 31--37 diese Frage und hob hervor, dass ich die wabigen Strukturen der krystallisirenden Substanzen nicht wie die durch Entmischung entstandenen Schäume für echte schaumartige Bildungen erachte, sondern für in ihrem Entstehen und auch z. Th. in ihrem sonstigen Zustand abweichende, die ich daher schon damals als „globulitisch-wabige“ bezeichnete, im Gegensatz zu den echt schaumig-wabigen. Soweit wir die Entstehung solcher Strukturen bei eintrocknenden Lösungen unter dem Mikroskop direkt zu verfolgen vermögen, zeigt sich nämlich, dass zuerst äusserst feine, in lebhafter Molekularbewegung tanzende Globuliten auftreten, aus deren Vereinigung die fraglichen Strukturen hervorgehen dürften. Dass dies wirklich der Fall, kann man an dem Rand eintrocknender dünner Schichten von Lösungen häufig deutlich wahrnehmen, wo man durch Vereinigung der Globuliten feinwabige Schichten entstehen sieht, wie sie beim Inulin und anderen Körpern geschildert wurden.

Dass nun die bei den verschiedensten krystallisirbaren oder doch sphärokrystallinischen Substanzen geschilderten, globulitisch-wabigen Strukturen nicht etwa einer einfachen dichten Zusammenlagerung und theilweisen Verschmelzung kugeliger Globuliten ihren Ursprung verdanken, brauche ich nach den, diesem Gegenstand gewidmeten Ausführungen bei den einzelnen Substanzen und bei den später zu besprechenden Cellulose- und Stärkesphären kaum besonders zu betonen. In zahlreichen Fällen unterliegt es gar keinem Zweifel, dass es sich um kämmerige Hohlräumchen von wabenartiger Bildung in der Substanz handelt. Dabei fällt ferner sehr auf, dass diese Hohlräumchen vielfach in ihren polygonalen Umrissen, in ihrer Zusammenordnung, sowie in ihrer gesammten Erscheinung ganz merkwürdig an echte Schaumwaben erinnern, was durch das Auftreten alveolarsaumartiger Oberflächenlagen (s. phosphors. Natron etc.) und Anderes noch erhöht wird. Diese Uebereinstimmung mit echten schaumartigen Strukturen ist so gross, dass man sich der Thatsache nicht wohl entziehen kann, und der Versuch unumgänglich erscheint, eine Erklärung für diese eigenthümliche Erscheinung zu finden.

Da es unmöglich erscheint, die Entstehung dieser Strukturen auf einen einfachen Entmischungsvorgang, etwa einer überschmolzenen oder übersättigten Lösung zurückzuführen, und die Beobachtung davon auch nichts nachweisen lässt, sondern im Gegentheil für das Hervorgehen aus isolirten Globuliten spricht, so bleibt es nur möglich, an die durch die Beobachtung nachweisbaren feinen Globuliten anzuknüpfen, welche aus den Lösungen durch einen Entmischungsprozess ausge-

---

1) Der vorliegende Abschnitt 12 wurde verfasst, bevor ich die oben in Abschnitt 10 nachgetragenen Beobachtungen über die Erstarrung und Krystallisation des Schwefels aus dem Schmelzfluss angestellt hatte. Die bei diesen Versuchen gewonnenen neuen Anschauungen hätten die Diskussion der in Kapitel 12 erörterten Fragen wesentlich verändert, in dem Sinne, dass die Entscheidung sich auch hier mehr der Wahrscheinlichkeit eines ursprünglichen Wabenbaues zugeneigt hätte.

schieden werden. Dass diese Globuliten anfänglich tropfbar flüssige Gebilde sind, d. h. überschmolzene Lösungen des Lösungsmittels in der Substanz, stimmt mit den Erfahrungen überein und darf wohl als allgemein gültig betrachtet werden. In diesem ursprünglich zähflüssigen Zustand können daher die Globuliten auch verschmelzen, wie dies die Erfahrung gleichfalls gezeigt hat. Die Verschmelzung kann aber bei rascherem Erstarren der Globuliten nur eine theilweise sein, wofür wir zahlreiche Beispiele bei verschiedenen Substanzen beobachteten. Wir haben ferner gefunden, dass die Globuliten bei einer Reihe von Substanzen geneigt sind, unter theilweiser Verschmelzung hohle Kügelchen zu bilden, und diese Erscheinung eröffnete uns gerade das Verständniss für die Kämmerchen- oder Wabenstruktur, die wir sovielfach beobachteten. Es fragt sich nun, ob sich eine Erklärung für diese Neigung der feinen Globuliten zur Umschliessung kämmerchenartiger Hohlräume bei ihrer Verschmelzung oder Verwachsung auffinden lässt.

Es wird sehr schwer sein, für diese Neigung der Globuliten zu maschiger Gruppirung, unter Einschluss von Hohlräumchen, eine Erklärung zu finden. Doch beobachtete ich gelegentlich beim Eintrocknen von in Wasser fein vertheilten Karmin- oder Stärkekörnchen, dass auch diese eine grosse Neigung haben, sich zu feinen Maschennetzen zusammenzuordnen. Vielleicht, dass also dabei eine Erscheinung mitwirkt, welche bei dichter Zusammenlagerung zahlreicher feiner Körperchen in einer Flüssigkeit überhaupt eine Rolle spielt[1]). Wenn nun diese vorerst nicht genügend erklärliche Thatsache zugegeben wird: dass die Globuliten die Neigung haben, sich unter Bildung kämmerchenartiger Hohlräume maschenartig aneinander zu lagern, so ergeben sich daraus einige wichtige Konsequenzen. Da nämlich die Globuliten ursprünglich zähflüssig sind, so werden die sich berührenden, welche die Wand eines kämmerchenartigen Hohlraumes bilden, allmählich verschmelzen, was schliesslich, wenn die Globuliten dicht zusammengelagert sind, zur Bildung einer geschlossenen Wand um das Kämmerchen führen muss, wenn dazu die nöthige Zeit vor der Erstarrung der Globuliten bleibt. Das von Globuliten umschlossene Kämmerchen kann sich demnach auf diese Weise in eine wirkliche Wabe verwandeln. Unter solchen Umständen scheint es begreiflich, dass die sich successive bildenden benachbarten kämmerchenartigen Räumchen, wenn die Erstarrung der Globuliten nicht sofort geschieht, sondern eine gewisse, obgleich relativ kurze Zeit beansprucht, sich nach den Gesetzen der Schaumwaben zusammenordnen werden. Wie gesagt, wird dies geschehen, wenn dazu die nöthige Zeit vor der Erstarrung bleibt. Da nun die Erstarrung in der Regel sehr rasch vor sich geht, so wird es auch häufig nicht zur Bildung ganz abgeschlossener Hohlräumchen kommen, vielmehr werden die benachbarten Räumchen vielfach durch feine Lückenräume zwischen den nicht völlig verschmolzenen Globuliten zusammenhängen. — Dazu gesellt sich, dass gegeneinander abgeschlossene Wabenräume nur dann gebildet werden können, wenn die ursprüngliche Zusammenlagerung und Gruppirung der Globuliten zu einem die Hohlräumchen umschliessenden Maschengewebe eine ganz dichte und zusammenhängende

[1]) Einige Untersuchungen, die ich seitdem über die Ausfällung sehr verdünnter Lösungen von Gelatine, Gummi und Collodium anstellte, ergaben übereinstimmend, dass die ursprünglich ganz gleichmässigen, überaus fein-globulitischen Ausfällungen sich in kurzer Zeit zu maschig-netzigen bis wabigen Gerinnseln vereinigen. Näheres hierüber siehe als Nachtrag am Schlusse dieser Arbeit.

ist. Dies wird jedoch häufig nicht der Fall sein, vielmehr deuten die Erfahrungen darauf hin, dass vielfach benachbarte Räumchen nur unvollständig durch, aus Globulitenzusammenlagerung gebildete Wände geschieden werden. Die Folge hiervon müsste sein, dass diese unvollständig geschiedenen Räumchen schliesslich zu einem Raum zusammenfliessen würden, wenn hierzu genügend lange Zeit vor Erstarrung der Globuliten bliebe. Dies wird aber in der Regel nicht der Fall sein, und daher werden auch aus diesem Grund viele benachbarte Kämmerchenräume unter einander zusammenhängen. — Die im Vorstehenden entwickelten Anschauungen über die Entstehung der globulitisch-wabigen Strukturen sind, wie hier ausdrücklich bemerkt wird, hypothetischer Natur, scheinen mir jedoch, soweit ich zu sehen vermag, den augenblicklichen Erfahrungen über die Entstehung dieser Strukturen und ihren Bau im fertigen Zustand am meisten zu entsprechen. Ausgedehntere, jedoch auch sehr schwierige mikroskopische Untersuchungen über die allmähliche Bildung dieser Strukturen werden über die Begründung der vorgetragenen Meinung entscheiden müssen.

Die Hohlräumchen der, auf die vermuthete Weise entstehenden Strukturen sind nach dieser Auffassung anfänglich mit einer gesättigten Lösung der Substanz erfüllt, welche bei der Austrocknung schliesslich verdunstet, wobei die wahrscheinlich gleichfalls in Form feinster Globuliten verbleibende gelöste Substanz zur weiteren Verstärkung des die Hohlräumchen trennenden Gerüstwerks beitragen wird.

Oben wurde hervorgehoben, dass die Zeitdauer, welche bis zur Erstarrung der Globuliten verstreicht, von wesentlichem Einfluss auf die Beschaffenheit der Struktur sein muss, indem dieselbe den eigentlich wabigen Charakter um so mehr zeigt, je länger dieser Zeitraum ist. Im Allgemeinen dürfen wir nun wohl annehmen, dass bei den zur Krystallisation nur wenig geneigten Substanzen, wie Inulin, Cellulose, Stärke etc. (auch das Chitin wird wohl sicher in diese Kategorie gehören) die Erstarrung der Globuliten längere Zeit beansprucht, weshalb bei diesen Substanzen auch relativ leicht Strukturen auftreten, welche sich den eigentlich wabigen Strukturen nahe anschliessen.

Ein Punkt bedarf noch einer etwas genaueren Erörterung. Ganz besonders schöne globulitisch-wabige Strukturen sehen wir bei der Verwitterung des gewöhnlichen phosphorsauren Natriums und des essigsauren Bleis entstehen. Das Gleiche dürfte sehr wahrscheinlich bei vielen Verwitterungsprozessen zu beobachten sein. In diesem Fall handelt es sich, wie auch die direkte Beobachtung an dem phosphorsauren Natrium wahrnehmen liess, in der That um einen Prozess, der mit einem Entmischungsvorgang grosse Aehnlichkeit besitzt. Ein Theil des Krystallwassers wird abgesondert und zwar nicht ganz allmählich, successive mit fortschreitender Verdunstung, sondern ziemlich rasch, worauf erst nachträglich das abgeschiedene Wasser aus den Hohlräumchen der umgebildeten Strukturen, die es erfüllte, verdunstet. Der ganze Verlauf hat daher viel Aehnlichkeit mit einem Entmischungsvorgang und es lässt sich ja auch auf die eine oder andere Weise dieser Verwitterungsvorgang mit gleichzeitiger Umkrystallisirung nicht wohl anders verstehen, als unter der Annahme, dass dabei eine rasch vorübergehende und allmählich durch die ganze Masse fortschreitende Verflüssigung stattfindet. Ob sich nun dabei nicht in der verflüssigten Partie, unter Ausscheidung des Wassers, ein Vorgang abspielt,

welcher einem wirklichen Entmischungsprozess entspricht und daher unter diesen Verhältnissen doch eine weitergehende Uebereinstimmung zwischen den echt wabigen und den globulitisch-wabigen Strukturen besteht, dürfte zur Zeit fast wahrscheinlicher erscheinen als das Gegentheil. Wenn dies zugegeben wird, so ist auch nicht ganz unmöglich, dass in manchen anderen Fällen ein ähnlicher Entmischungsprozess einer wasserhaltigen Modifikation zur analogen Bildung globulitisch-wabiger Strukturen führen kann.

Ob wir berechtigt sind, eventuell auch analoge Vorgänge bei der Krystallisation aus Lösungen anzunehmen, d. h. eine Art von Erstarrung der zuerst flüssig ausgeschiedenen Substanz, welche etwa wie bei der Eintrocknung von Collodium- oder Schellacklösung zu wabigen Strukturen führt, lässt sich vorerst weder bejahen noch unbedingt verneinen. Obgleich in den oben gegebenen Schilderungen zunächst stets von Globulitenverschmelzungen ausgegangen wurde, habe ich doch gelegentlich schon angedeutet (p. 101), dass auch eine umgekehrte Anschauung nicht ganz unberechtigt erscheint, eine Anschauung, welche die isolirten erstarrten Globulite auf Reste ehemaliger Wabenwerke zurückführen könnte Da das Thatsachenmaterial jedoch zu gering ist, um tiefer in diese Fragen einzudringen, unterlasse ich weitere Diskussionen.

Bei dem kohlensauren Kalk fanden wir, dass die ersten, unserer Meinung nach durch Aggregation und Verschmelzung von Globuliten entstandenen minutiösen Hohlgebilde keineswegs stets kugelig sind, sondern dass sie häufig auch schon regelmässigere, an krystallinische Bildungen (in diesem Fall an kleine Rhomben) erinnernde Umrisse besitzen. Es müssen demnach schon auf diesen frühen Stadien sich besondere Einflüsse geltend machen können, welche eine bestimmte regelmässige Gruppirung der verwachsenden Globuliten zu, von der Kugelgestalt abweichenden krystallartig gebauten feinsten Hohlgebilden bewirken, welche man auch als Krystallelemente bezeichnen könnte. Die Vermuthung liegt nämlich sehr nahe, dass durch Weiterwachsen solcher Elemente, unter Anfügung neuer, in bestimmten und verschiedenen Bedingungen, die wirklichen Krystalle entstehen. Wie oben dargelegt wurde, konnten wir nämlich auch für diese zeigen, dass sie häufig eine den Sphären entsprechende Maschenstruktur besitzen und dass die nicht selten auch bei ihnen ausgeprägte Schichtung auf den gleichen Bedingungen beruht wie bei den Sphären gewöhnlich, nämlich auf dem Wechsel dichterer und weniger dichter Schichten, wobei namentlich die letzteren in der Regel die Maschenstruktur deutlich zeigen.

Unsere Erfahrungen drängten daher zu der Ueberzeugung, dass im Allgemeinen eine weitgehende Uebereinstimmung im Bau echter sogen. Sphärokrystalle und echter Krystalle besteht. Bei den ersteren handelt es sich im Allgemeinen um kugelige hohle Elementargebilde, die sich entweder in regelmässig konzentrischen Schichten um ein Centrum gruppiren oder in strahliger Anordnung dieses umgeben, wobei jedoch im letzteren Fall die Elemente auch schon wie bei den Krystallen bestimmt regelmässig begrenzte Formen angenommen haben könnten. Bei den Krystallen dagegen ordnen sich die hohlen, regelmässig begrenzten Elementargebilde nach gewissen Gesetzmässigkeiten zusammen, als deren Resultat sich eben die regelmässige Krystallform ergiebt, im Gegensatz zur Kugelgestalt der Sphärokrystalle.

Wie seiner Zeit schon Harting (1872 p. 51) angedeutet und auch Lehmann (Bd. I, p. 379) in gewissem Sinne ausgeführt hat, komme ich daher zum Schluss,

dass ein echter Sphärokrystall keineswegs ein Aggregat von zahlreichen, um ein Centrum radial gruppirten Krystallnädelchen oder Trichiten darstellt, sondern dass er in seiner Gesammtheit einem Krystall entspricht, dessen Elemente jedoch nicht in besonderen Richtungen regelmässig vereinigt, sondern konzentrisch oder radiär um ein Centrum angeordnet sind [1]). Auf Grundlage dieser Auffassung werden wir eine Reihe von Thatsachen zu verstehen vermögen, welche sonst schwer begreiflich sind. Einmal findet man beim kohlensauren Kalk eine grosse Zahl Uebergangsstufen zwischen ebenflächig begrenzten Krystallen, mehr oder weniger unregelmässig krummflächigen, krystallartigen Gebilden und wirklichen Sphären. Derartige Uebergänge zwischen Sphärengebilden und Krystallen werden unter den oben geltend gemachten Gesichtspunkten verständlich, da es ja nur Modifikationen eines im Grunde übereinstimmenden Wachsthumsvorgangs sind, welche die eine oder die andere Ausbildung bedingen und die daher auch leicht in einander übergehen können. Andererseits habe ich beim kohlensauren Kalk auch gut begrenzte rhomboëdrische Kryställchen gesehen, deren Centrum schön radiärstrahlig gebaut war, wie das vieler Sphärokrystalle, mit einem centralen Kämmerchenraum, wie er sich bei Sphären häufig findet. Ein solcher Bau scheint darauf hinzuweisen, dass eine ursprünglich sphäritische Bildung allmählich in einen regulären Krystall überging. Leider wurde versäumt, das polariskopische Verhalten solcher Krystalle zu untersuchen. Ferner finden wir bei Inulin und phosphorsaurem Natron, dass als Anlagen der Sphären häufig krystallartige Gebilde, namentlich auch gelegentlich zwillingsartig gebaute auftreten, was darauf hinzuweisen scheint, dass eine ursprünglich kry-

[1]) Auch Nägeli spricht sich 1879 p. 111 insofern ganz ähnlich aus, indem er die nach seiner Meinung aus Micellen bestehenden quellbaren Krystalloide und Sphärokrystalle als sich entsprechende Micellarverbände auffasst, deren wesentlicher Unterschied nur in der Anordnungsweise der Micellen bestehe.

Es darf hier daran erinnert werden, dass die Ansicht vom Aufbau der Krystalle aus kleinen kugeligen Hohlgebilden oder Bläschen schon früher gelegentlich ausgesprochen wurde, wenn auch ohne genügende Begründung. 1839 hat nämlich H. F. Link nachzuweisen gesucht, dass bei der Fällung von Kalk- und zahlreichen anderen Salzen zuerst kleine hohle Kügelchen aufträten, die ursprünglich flüssig seien und dass sich durch Zusammentritt dieser Gebilde Krystalle entwickeln. Seine Annahme, dass diese Gebilde hohl seien, war jedoch gar nicht fundirt, und er selbst legte auf sie keinen besonderen Werth (s. p. 263). Ich bin der Meinung, dass die von ihm gesehenen und abgebildeten Kügelchen, speziell die des Kalks, nicht einmal Globuliten waren, sondern zumeist kleine Sphären, und dass daher auch seine Angaben über die flüssige Natur der Kügelchen nicht begründet war, sondern nur auf der häufigen Verwachsung der Sphären beruhte, die als Verschmelzung gedeutet wurde.

Auch an die Beobachtungen Ehrenberg's (1836) über die Zusammensetzung einer Reihe erdiger Mineralien aus kleinen Kügelchen und deren Aggregation zu sphärenartigen und fädigen Gebilden mag hier erinnert werden. Aus den Abbildungen scheint hervorzugehen, dass er z. Th. recht hübsche Sphärengebilde beobachtete, deren Darstellung sehr an die von mir beobachteten Strukturbilder erinnern.

Schliesslich verdienen auch die von Vogelsang (1875 Taf. II und früher) gegebenen Abbildungen von Globuliten und deren Aggregationen in einer Hochofenschlacke unsere Beachtung. Die Abbildungen dieser Globuliten, welche sämmtlich mit ganz tief schwarzem breitem Rand gezeichnet werden, erwecken nämlich den Verdacht, dass es sich um hohle Gebilde gehandelt haben muss. Jedenfalls weist der breite schwarze Rand auf eine so starke Brechungsdifferenz zwischen den Globuliten und dem sie einschliessenden Magma hin, wie sie zwischen soliden Globuliten und dem Magma kaum bestehen könnte. Dazu gesellt sich, dass der breite dunkle Rand auch zwischen den aneinander gelagerten Globuliten selbst gezeichnet wird, wo also bei solider Beschaffenheit der Globuliten eine solche Brechungsdifferenz gar nicht existiren könnte. Wie gesagt, macht mir dies sehr wahrscheinlich, dass es sich hier um hohle Globuliten handelt. In Stückchen der abgesprengten Glasur von Porzellanschalen habe ich vielfach an Sphären erinnernde Gebilde getroffen, die sicher aus regelmässig zusammengeordneten Hohlräumchen bestanden.

stallartige Anlage beim Weiterwachsen zum sphäritischen Bau übergehen kann. Diese Auffassung stimmt in gewissem Grade mit der Lehmann's (s. Bd. I, p 379) überein, welcher sich einen Sphärokrystall durch büschelige oder pinselförmige Verzweigungen eines centralen kleinen Kryställchens entstanden denkt und daher auch zum Schlusse gelangt, dass ein Sphärokrystall „gewissermassen ein Individuum sei" (s. p. 379 Anm.).

Mit unserer Ansicht im Einklang ist ferner die namentlich beim kohlensauren Kalk so häufige Erscheinung, dass die eigentlichen Sphärokrystalle bei ihrem Weiterwachsen in zahlreiche radiär angeordnete Krystallindividuen übergehen, die stachelig über die Oberfläche vorspringen. Auf diese Weise geht der ursprüngliche Sphärokrystall in eine Krystalldruse über, wobei jedenfalls ein allmählicher Uebergang der konzentrisch oder strahlig geordneten Elemente in die Zusammenordnung zu einzelnen Krystallindividuen statthat. Wie gesagt, scheint mir, dass sich alle diese Verhältnisse auf Grundlage der oben näher dargelegten Anschauungen über den Aufbau der Sphären und der Krystalle besser verstehen lassen als mit den seitherigen Vorstellungen über die Bauverhältnisse der Sphären; sei es nun, dass dieselben, wie gewöhnlich, als radial gruppirte Krystallnädelchen oder mit Arth. Meyer (1895) als ähnlich zusammengeordnete Trichitenbüschel betrachtet werden. Eine Folge meiner Vorstellungen vom Aufbau der Sphären und der Krystalle würde sein, dass nicht nur die ersteren, sondern auch die letzteren eine kämmerchenartige feinste Struktur besitzen, die namentlich bei den Krystallen, sehr häufig aber auch bei den Sphären, so fein wird, dass sie nicht mehr wahrzunehmen ist. Eine solche Anschauung erinnert an frühere Bestrebungen, z. B. die Keber's (1854), eine allgemein verbreitete Porosität der Körper mit dem Mikroskop nachzuweisen, freilich auf einer, meiner Meinung nach ganz unzureichenden Grundlage. Da es jedoch nicht ohne Interesse scheint, diese Bestrebungen, welche der Vergessenheit anheimgefallen sind, kennen zu lernen, so möge hier eine kurze Darstellung derselben eingeschaltet werden.

F. Keber suchte (1854) in einer ziemlich umfangreichen Schrift nachzuweisen, dass eine feinporöse Beschaffenheit in allen organisirten und unorganisirten Substanzen, wie Metallen, Mineralien, Gesteinen etc. mikroskopisch wahrzunehmen sei. Obgleich man zugeben mag, dass K. in einigen Fällen, speziell bei den Organismen entnommenen Substanzen, wie pflanzlichen Zellmembranen und anderem, von der thatsächlich vorhandenen Struktur einiges gesehen hat, was ihn in seiner Ansicht bestärkte, so war doch seine Untersuchungsmethode zu unsicher, um vertrauenswürdige Ergebnisse zu erzielen. — Er schabte in der Regel von den zu untersuchenden Substanzen mit einem feinen Messer möglichst feine Splitterchen ab, die er trocken in Luft untersuchte. Wer sich mit dergleichen Untersuchungen beschäftigt hat, wird zugeben, dass mit dieser Methode und mit den, Keber zur Verfügung stehenden optischen Hilfsmitteln sichere Resultate kaum erreichbar sind, da das Messer, sei es auch noch so scharf, auf der Oberfläche solcher Schabsel oder Schnitte stets ein System feinster Kritzer erzeugt, die bei der Betrachtung mit starken Vergrösserungen als Punktsysteme erscheinen, welche natürlich, je nach der Einstellung, hell oder dunkel zu sehen sind. Dazu gesellt sich, dass in den Fällen, wo wirklich eine feine Struktur vorhanden ist, sich die vom Messer bewirkten Deformationen der Oberfläche mit den wirklichen Strukturen kombiniren, resp. diese durch die Wirkung des Messers in besonderer Weise verändert werden. Keber verwahrt sich zwar vielfach dagegen, dass die von ihm beschriebenen Poren auf die Wirkung des Messers zurückzuführen seien, da er sie durch die ganze Masse der untersuchten Körper verfolgt habe; doch dürfte diese Angabe deshalb wenig zu besagen haben, da der, zu diesem Zweck verwendete optische Apparat wohl sicher ungenügend war. Gelegentlich benutzte K. noch eine zweite Untersuchungsmethode, indem er mit dem zu erforschenden trockenen Körper leise und wiederholt auf einen Objektträger klopfte und die dabei abspringenden feinsten Fragmente mikroskopisch betrachtete. Bei sehr harten Körpern rieb er auch zwei Stücke gegeneinander und untersuchte das auf den Objektträger fallende Pulver. Dass

auch die beiden letzterwähnten Methoden nicht sehr geeignet erscheinen, mit den optischen Hilfsmitteln, die K. zu Gebote standen, sichere Resultate zu ergeben, bedarf kaum einer genaueren Darlegung; denn auch die auf diesen Wegen erhaltenen Fragmente besassen eine rauhe unregelmässige Oberfläche, deren Vertiefungen und Erhöhungen das Bild von Lücken leicht vortäuschen konnten. Irgend welche bestimmte Beweise aber, dass die, von K. behaupteten Lücken oder Poren wirklich solche gewesen seien und nicht nur Unregelmässigkeiten der Oberflächen, vermissen wir völlig, abgesehen von der schon hervorgehobenen Angabe, dass die gesehenen Strukturen durch die ganze Dicke der untersuchten Fragmente zu verfolgen gewesen seien.

Es liesse sich wohl die Frage aufwerfen, ob die von uns für die Sphären und Krystalle beschriebene und wie wir annehmen, allgemein vorhandene Struktur nicht in einer Beziehung zu den besonderen polariskopischen Eigenschaften dieser Gebilde stehe. Schon v. Ebner (1882, p. 229) hat die Vermuthung ausgesprochen, dass gewisse Uebereinstimmungen zwischen den durch Dehnung hervorgerufenen fibrillären Strukturen organischer Körper und den Krystallen bestehen. Auf diese Frage näher einzugehen ist für den Nichtphysiker natürlich sehr gefährlich. Dennoch kann ich die Vermuthung, welche sich mir aufdrängte, hier nicht ganz unerwähnt lassen, sondern muss sie weiterer Prüfung, bezw. Zurückweisung unterbreiten. Es scheint mir nämlich doch nicht ganz unmöglich, dass die Polarisationserscheinungen, welche an den Sphären und Krystallen auftreten, ebenso wie die, welche wir an gedehnten oder gepressten, nicht krystallinischen Körpern wahrnehmen, auf einer übereinstimmenden Ursache beruhen könnten, nämlich auf den feinsten Strukturverhältnissen, die wir nachzuweisen versuchten. Es scheint mir nicht ganz ausgeschlossen, dass die innere Polarisation der krystallisirten und unkrystallinischen Substanzen ihrem Wesen nach identisch ist mit der Oberflächenpolarisation, über die wir in der Einleitung einiges mitgetheilt haben. Wenn in den krystallisirten und nicht krystallisirten Substanzen eine feine Struktur existirt, wie wir sie beschrieben haben, und die wir im Allgemeinen als eine feinste Lamellirung mit Abwechslung dichterer und weniger dichter Lamellen auffassen können, so wäre schon aus diesem Grunde nothwendig, dass eine innere Polarisation auftritt, welche sich je nach dem Verlauf der Lamellen und ihrer Zwischenwände verschieden erweist. Bei den optisch inaktiven Krystallen des regulären Systems müssten die Hohlräumchen, resp. die Elemente kugelig, oder würfelförmig sein, unter welchen Bedingungen ebensowenig wie in einer nicht gedehnten Gallerte polarisirende Wirkung auftreten kann. Bei positiven Sphärokrystallen müssten die Hohlräumchen radiär gestreckt sein, bei negativen dagegen tangential. Auch bei den doppelbrechenden Krystallen handelte es sich um in verschiedener Richtung ungleichgrosse, gestreckte Elemente. Ob in dieser Weise eine Rückführung der Oberflächen- und der inneren Polarisation auf das gleiche Prinzip durchzuführen wäre, lasse ich dahingestellt. Die Möglichkeit scheint mir, wie gesagt, nicht ganz ausgeschlossen, weshalb dieser kurze Hinweis gestattet sein mag.

VI. Untersuchungen über die feinere Struktur von künstlich dargestellten und natürlichen quellbaren Körpern.

1. Versuche mit gewöhnlicher käuflicher Gelatine.

a) Gerinnung in verdünnter Chromsäure.

Neben den Untersuchungen über die Gerinnung von Eiweiss bildeten diejenigen über Gelatine den Beginn meiner Arbeiten auf diesem Gebiete. Verwendet wurde stets eine käufliche gute Gelatine, deren Lösung in der Regel sorgfältig durch den Heisswassertrichter filtrirt, oder gelegentlich auch durch Eintragen von etwas Hühnereiweiss in die heisse Lösung und Gerinnung desselben durch Erhitzen, mit darauf folgender Filtration, vollständig geklärt wurde. Die auf letzterem Wege geklärte Gelatine ist auch erstarrt völlig glashell, ohne Spur von Trübung[1]).

Wird eine solche Gelatinegallerte, deren Wassergehalt nicht zu gering ist, die also ca. 10—25% feste Gelatine enthält, in dünner Schicht auf Deckgläser aufgetragen, so lässt sie sich nach dem Erstarren in verschiedener Weise zu einer Art Gerinnung bringen, d. h. eine feine Struktur in der Gelatine sichtbar machen. Ich sage ausdrücklich eine Art Gerinnung, weil ich überzeugt bin, dass es sich dabei nicht um eine wirkliche Gerinnung handelt wie bei den früher besprochenen Lösungen von Gummi, Stärke oder β-Gelatine, sondern um das Sichtbarwerden einer in der Gallerte schon vorhandenen Struktur, die sich bei der Erstarrung gebildet hat. Die Gründe für diese Auffassung können jedoch erst am Schlusse dieses Abschnittes aufgezählt werden; auch werde ich die Möglichkeit, eine solche Struktur schon in der nicht weiter behandelten Gallerte wahrzunehmen, erst dort besprechen.

Die erwähnte Gerinnung lässt sich in den Gallerten von dem angegebenen Wassergehalt durch verschiedene Mittel hervorrufen, so durch verdünnte Lösungen von Chromsäure (0,3—0,5%)[2]) und Gerbsäure (versucht nur 5%), durch absoluten oder doch starken Alkohol, ebenso jedoch auch durch Schwefeläther. Dagegen ergab die gleichfalls versuchte sog. Pikrinschwefelsäure sehr schlechte Resultate und wurde daher nicht weiter verwendet. Gerbsäurelösung, obgleich sie z. Th. ganz gute Ergebnisse lieferte, habe ich nicht häufiger verwendet, da die Chromsäurelösungen im Ganzen sicherer arbeiteten.

Bei richtiger Einwirkung von 0,3—0,5% Chromsäurelösung wird die Gallerte rasch weisslich trüb und ist schliesslich nach $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde im auffallenden Licht

---

1) Man kann übrigens zu den Versuchen ohne Schaden auch nicht filtrirte Gelatinelösung verwenden, da der Erfolg der gleiche ist. Wie gesagt, habe ich der Sicherheit wegen in der Regel filtrirte Lösungen benützt.

2) Doppelchromsaures Kali (5%) erwies sich als unwirksam.

ganz gelb-weiss. Die mikroskopische Untersuchung möglichst dünner Schichten zeigt, dass es sich um eine höchst feine, schaumig-wabige Struktur handelt, welche die gesammte Gallerte durchsetzt und sie undurchsichtig macht.

Zahlreiche Versuche lehrten aber, dass die Gerinnung mit Chromsäure nur unter gewissen Bedingungen richtig und günstig verläuft. Ich habe mich viel bemüht, diese Bedingungen zu ermitteln und kann darüber etwa Folgendes mittheilen. — Stärkere Chromsäurelösungen, bis zu etwa 5 %, rufen zwar sehr rasch das Weisswerden der Gallerte hervor, rascher als die 0,3 % Lösung, wirken jedoch auch bald zerstörend auf das feine Schaumgerüst der Gallerte. Die erhaltene geronnene Gallerte ist viel unregelmässiger und gröber wabig, obgleich hie und da auch sehr feinwabige Partien eingestreut sind. Dies Verhalten rührt jedenfalls daher, dass die stärkeren Chromsäurelösungen allmählich eine Verflüssigung des Gerüstwerks der geronnenen Gallerte bewirken. Man kann sich davon direkt überzeugen, wenn man eine in 0,3 % Chromsäure geronnene Gallerte unter dem Deckglas in 5 % Chromsäure aufstellt; dann sieht man das Gerüst stellenweise sich verflüssigen, wobei benachbarte Waben ineinanderfliessen oder platzen. Die Gallerte kann schliesslich stellenweise zu einer gröberen flüssigen Emulsion werden, wovon man sich bei Druck auf das Deckglas leicht überzeugt. Demnach erklärt sich die mangelhafte Wirkung stärkerer Chromsäurelösungen aus der theilweisen Verflüssigung des Gerüstes unter Bildung grobschaumiger Strukturen.

Die gleiche Wirkung wie zu starke Konzentration der Lösung hat auch zu hohe Temperatur. Der Temperatur grössere Aufmerksamkeit zu schenken, wurde ich dadurch veranlasst, weil auch mit 0,3—0,5 % Chromsäure häufig keine gute Gerinnung eintrat, dieselbe entweder sehr langsam vor sich ging oder die Strukturen unregelmässige und zum Theil gröbere waren. Der Einfluss der Temperatur zeigte sich bald sehr deutlich. Bei Kühlung mit Eiswasser ging die Gerinnung mangelhaft und langsam vor sich; auch bei höheren Temperaturen, bis etwa 18° C., wurde die Gerinnung nicht viel besser; Temperaturen von 25—30° C. gaben dagegen rasche und vollständige Gerinnung, jedoch grobe Schaumstrukturen; woraus zu schliessen ist, dass dabei ebenfalls eine langsame Verflüssigung der Gallerte stattfindet und die Struktur gröber wird. Die Verflüssigung wird die feinsten Gerüststrukturen wohl zuerst angreifen und so allmählich weiterschreiten.

Die besten, feinsten und gleichmässigsten Strukturen erzielt man mit 0,3 bis 0,5 % Chromsäure bei etwa 21—23° C., was sich bei mehrfachen Wiederholungen der Versuche bestätigte. — Beimischung von Alkohol zur Chromsäurelösung ergab zwar gelegentlich ganz gute Resultate, doch vermochte ich darin keinen wesentlichen Vortheil zu finden. — Als günstig hat sich häufig erwiesen, die Deckgläser mit der Gelatinegallerte in der Chromsäurelösung hin und her zu bewegen; dies schein die Wirkung der Chromsäure wesentlich zu unterstützen, ist jedoch nicht nothwendig wenn die Gerinnung überhaupt gut vor sich geht. Im Allgemeinen lässt sich noch sagen, dass die Gerinnung langsam fortschreiten muss, um die feinsten Strukturen zu liefern, dass etwa 1/4—1/2 Stunde vergehen muss, bis die ganze Gallertmasse gleichmässig geronnen ist.

Zu betonen wäre endlich, dass die Gallerte vor dem Einbringen in die Gerinnungsflüssigkeit völlig erstarrt sein muss. Da nun die Erstarrung stark wasserhaltiger

Lösungen sehr langsam erfolgt, so ist nöthig, hinreichend lange zu warten und die Gelatineschicht während dieser Zeit durch Ueberdecken mit einem kleinen Uhrglase vor dem Eintrocknen zu schützen. Bringt man vor völliger Erstarrung zur Gerinnung, so erzielt man ebenfalls grobschaumige Strukturen, deren Erklärung nahe liegt.

Auch beim Gerinnen erstarrter Gelatinegallerte zeigt sich, ähnlich wie wir dies beim Gerinnen flüssiger Lösungen fanden, dass im Umkreis der gerinnenden Substanz feinglobulitische Niederschläge auftreten, welche eine Trübung der nächstumgebenden Flüssigkeit hervorrufen. Diese Erscheinung wurde am deutlichsten bei den später zu besprechenden, feinen Gelatinefäden beobachtet, deren Gerinnung in 0,3 % Chromsäure unter dem Mikroskop verfolgt wurde. Die feinen globulitenartigen Kügelchen traten hier in einer gewissen Entfernung von den Rändern des Fadens in Menge auf und bildeten eine weissliche Zone. Interessant ist jedoch, dass sie sich ebenso auch im Innern der Fäden bildeten, in ehemaligen Luftblasen, die sich bei der Quellung in Wasser theilweise oder ganz mit Wasser gefüllt hatten. Diese Niederschläge sind aber bei Verwendung konzentrirterer Gelatinegallerten (10—20 %) so geringfügig, dass man sie mit blossem Auge gar nicht wahrnimmt. Erst das Mikroskop zeigt sie in der Umgebung der geronnenen Schicht oder dieser aufliegend.

Vorerst vermag ich diese Erscheinung nicht anders zu erklären, als die ähnliche Erfahrung an den gerinnenden Lösungen von Eiweiss und anderen Körpern (s. oben p. 44). Wahrscheinlich rühren die Niederschläge daher, dass das in der erstarrten Gallerte eingeschlossene Wasser Gelatine gelöst enthält, wie ich auch durch Auspressungsversuche nachwies (s. 1896 p. 22 ff.). Wenn diese Gelatinelösung nun bei der Gerinnung allmählich nach aussen zu diffundiren vermag, so wird sie von der Chromsäure globulitisch gefällt. Die Annahme, dass die Chromsäure etwas Gelatine löst, welche dann zu den globulitischen Ausscheidungen Veranlassung geben könnte, stösst auf die Schwierigkeit, dass nicht einzusehen ist, welche Ursache die von der Chromsäure gelöste Gelatine wieder zur Ausscheidung bringe.

Ohne genauere Untersuchungen über die Wirkung der verdünnten Chromsäure auf die Gelatinegallerte angestellt zu haben, bin ich doch geneigt anzunehmen, dass dieselbe keine sehr tiefgreifende sein kann, sondern sich wesentlich darauf beschränken muss, dass dem Gelatinegerüst Wasser entzogen wird, wodurch es stärker lichtbrechend und sichtbar wird; die Wirkung wäre daher nicht wesentlich verschieden von der des Alkohols. Nach der kurzen Behandlung mit Chromsäure erscheint die sorgfältig mit Wasser ausgewaschene Gallerte ganz farblos und bleibt, trotzdem sie während dieser ganzen Prozedur (ca. 24 Stunden) dem Licht ausgesetzt war, in Wasser löslich. Auf dem Wasserbad in Wasser erhitzt, erfolgt die Lösung der ausgewaschenen Gelatine zwar sicherlich später, d. h. bei höherer Temperatur, wie die gewöhnlicher Gelatine, sie tritt nämlich erst völlig ein, wenn das Wasser 100° erreicht hat. Dies stimmt mit Eder's Angaben (1879) überein, der das von Chromsäure in Gelatinelösungen hervorgerufene Coagulum in heissem Wasser löslich fand; erst nach dem Eintrocknen wird das Gemenge unlöslich, auch im Finstern. Die Wirkung der Chromate fand er im Allgemeinen ähnlich, da auch bei Beimischung solcher erst die eingetrocknete Gelatine durch Belichtung in heissem Wasser unlöslich wird, die gequollene dagegen nicht oder sehr langsam, obgleich sie im Finstern schneller unlöslich werde als die trockene. Das Unlöslichwerden beruht nach Eder

auf der Bildung von Chromoxyd durch Reduktion, dessen Salze die Gelatine unlöslich machen. Die unlöslich gewordene Gelatine selbst wird aber bei diesem Reduktionsprozess nach Eder's Erfahrungen nicht verändert; verdünnte Kalilauge löst aus ihr unveränderte Gelatine heraus.

Interessant ist die ähnliche Wirkung der Chromate auf andere Kolloide, wie Gummi arabicum, Gummi Traganth, Dextrin und Albumin, nach Eder's Erfahrungen. (Die ausführliche Arbeit Eder's „Ueber die Reaktionen der Chromsäure und der Chromate gegen Gelatine, Zucker etc. in ihren Beziehungen zur Chromatphotographie, Wien 1878" enthält im Wesentlichen dasselbe).

Die Untersuchung der durch Chromsäure geronnenen Gelatinegallerte geschah anfänglich stets in Wasser (also eigentlich stark verdünnter Chromsäure), worin sich die Präparate, die mit Paraffin abgeschlossen sind, lange Zeit gut erhalten. Später (1895) versuchte ich auch die Herstellung von Dauerpräparaten, welche ja sehr wünschenswerth ist, um wichtige und interessante Erscheinungen, von denen später die Rede sein wird, für längere Zeit aufzubewahren. Die Herstellung von Dauerpräparaten gelingt bei vorsichtigem Verfahren ziemlich gut, wenn auch gewisse Schwierigkeiten dabei auftreten, die selbst gut gelungene Präparate nachträglich verderben können, dafür aber selbst sehr interessant sind.

Bedingung für die Herstellung von in Harzen, speziell Kanadabalsam, eingeschlossenen Dauerpräparaten ist, dass die Chromsäure durch Auswaschen in Wasser oder Alkohol möglichst entfernt wird. Zum Auswaschen ist ziemlich starker Alkohol (70%) am geeignetsten, da Wasser oder verdünnter Alkohol meist sehr störende Veränderungen an der Gelatineschicht hervorrufen. Bei Einwirkung des verdünnten Alkohols namentlich hebt sich eine äussere dünne Schicht ab, was besonders schön an Gelatinefäden zu verfolgen ist, die auf solche Weise behandelt werden. Da sich diese Schicht jedoch nicht gleichmässig abhebt, sondern in Gestalt grösserer oder kleinerer blasiger Vorsprünge, die in der Tiefe an der übrigen Gelatineschicht befestigt bleiben, so entsteht auf der Oberfläche der Gallerte eine schöne blasig-zellige Zeichnung, deren Aussehen ganz auffallend an Pflanzenzellgewebe erinnert. Die Aehnlichkeit wird um so grösser, als die Blasen, welche durch Osmose wachsen (wie ja der Abhebung der gesammten äusseren Schicht ein osmotischer Vorgang zu Grunde liegen muss), sich gegenseitig polyedrisch pressen und so, wie gesagt, Pflanzenzellgewebe täuschend nachahmen. Ich betone die Erscheinung hauptsächlich deshalb, weil die Blasen unter diesen Umständen in allen Grössenverhältnissen sich finden können, von solchen, die so umfangreich sind, dass sie sofort als etwas Besonderes auffallen, bis hinab zu ganz minutiösen. Letzteres ist speziell gegen den Rand der Gelatineschicht der Fall; je näher man diesem kommt, desto kleiner werden die Bläschen und schliesslich so fein, dass sie für die Waben eines feinen Schaumwerks gehalten werden könnten und die Verwechslung damit sehr nahe liegt, auch recht schwierig zu vermeiden ist. Ich muss deshalb besonders hervorheben, dass man sich zu hüten hat, eventuell vorhandene derartige Bildungen mit dem schaumigen Gerüstwerk der geronnenen Gelatinegallerte zu verwechseln. Zur Unterscheidung kann einerseits der Uebergang in die grösseren Blasen dienen, andererseits der Umstand, dass die Wände zwischen den polyedrischen Blasen, entsprechend ihrer Entstehung durch Zusammenpressung ursprünglich gesonderter Bläs-

chen, stets doppelte sind, also ähnlich den pflanzlichen Zellwänden eine anscheinende Mittellamelle erkennen lassen, und dass ferner in den Eckpunkten, wo drei Wände zusammenstossen, in der Regel eine kleine Lücke besteht.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zur Herstellung der Dauerpräparate zurück. Man bringt dieselben aus 70% Alkohol in absoluten und endlich durch Xylol oder Terpentinöl in Kanadabalsam. Dabei zeigt sich nun, wenn die Chromsäure nicht genügend entfernt worden war (wozu 24—48 stündiges Auswaschen in 70% Alkohol erforderlich ist), dass im Xylol oder Terpentinöl keine völlige Aufhellung zu erzielen ist. Es bleiben weisse undurchsichtige Stellen, die sich hartnäckig erhalten, selbst bei viele Tage langem Verweilen in Xylol auf dem Wärmeschrank. Die naheliegende Vermuthung, dass solche Präparate nicht genügend entwässert waren, scheint mir kaum zuzutreffen; die meisten derartigen Stellen sind nämlich ganz undurchsichtig, weshalb der Verdacht naheliegt, dass sie gashaltig sind. Diese Vermuthung wird sehr verstärkt durch die gleich zu berichtende Erfahrung, dass vortrefflich gelungene Präparate schliesslich noch sehr leiden können, eine Erfahrung, die wegen der besonderen, sie bedingenden Umstände grosses Interesse besitzt. Gar nicht selten ereignet es sich nämlich unerwünschter Weise, dass in der völlig klaren, in Kanadabalsam übertragenen Gallertschichte des fertigen Präparates nach einiger Zeit plötzlich kreideweisse Stellen auftreten, die sich langsamer oder schneller vergrössern und schliesslich einen ansehnlichen Theil des Präparates oder auch das ganze verderben können. Gelegentlich treten die ersten Spuren der weissen Flecken erst nach 12 Stunden auf. Die mikroskopische Beobachtung sowohl, als das makroskopische Aussehen solcher Stellen lehrt, dass es sich um Gaserfüllung des feinen Wabenwerks der geronnenen Gelatine handelt. Man kann unter dem Mikroskop das sprungweise Fortschreiten der Gaserfüllung in dem Wabenwerk verfolgen, ganz wie dies früher für die austrocknenden Schäume von Gummi und anderen Stoffen geschildert wurde. Im Besonderen lässt sich auch hier das Auftreten isolirter, zerstreuter, mit Gas erfüllter kleinster Wabenräume in dem klaren übrigen Wabenwerk deutlich beobachten (s. Taf. 20, Fig. 12). — Um Lufterfüllung kann es sich unmöglich handeln, da die weissen gaserfüllten Flecken in der Regel tief im Innern des Präparats auftreten, nicht etwa am Rand, wo Luft zutreten könnte. Da die Präparate vor dem Einlegen in Balsam ganz klar und von Xylol oder Terpentinöl völlig durchdrungen waren, und da die Erscheinung eintrat, gleichgültig, ob der Kanadabalsam in Chloroform, Xylol oder Terpentinöl gelöst war — manchmal auch dann, wenn die Präparate in einer grösseren Menge stark verdünnten Balsams gebracht und dieser dann durch Verdunsten des Lösungsmittels konzentrirt wurde — so scheint mir allein folgende Erklärung möglich. Die Gaserfüllung kann nur daher rühren, dass der Kanadabalsam in gewisse Partien des Wabenwerks nicht einzudringen vermag und diese daher mit Xylol oder Terpentinöl erfüllt bleiben. In dem Maasse, als das Lösungsmittel des Kanadabalsams verdunstet, scheint derselbe nun das Xylol jener Stellen aufsaugen zu können, so dass schliesslich nur Xyloldampf (resp. Terpentinöldampf etc.) in den betreffenden Wabenräumchen zurückbleibt. Es handelt sich also, so zu sagen, um leere Wabenräume[1]).

[1]) Dieser Vorgang, sowie die vorgetragene Erklärung desselben, finden Bestätigung in folgender, von Kamerling (1897, p. 15) mitgetheilter Beobachtung. „Bei verschiedenen Objekten (d. h. pflanz-

Für die Auffassung der geronnenen Gelatine als ein feinstes Schaum- oder Wabenwerk, dessen Hohlräumchen gegen einander abgeschlossen sind, scheint mir diese Erfahrung recht wichtig. Das Auftreten isolirter, gaserfüllter Wabenräume weist bestimmt auf diesen Bau hin, wie schon früher bei der Gaserfüllung zahlreicher Gerinnungsschäume geltend gemacht wurde. Läge ein schwammiger Bau mit allgemeiner Kommunikation der Wabenräumchen vor, so wäre unter diesen Umständen eine völlige Durchdringung mit leichtflüssigem Kanadabalsam zu erwarten, was die besprochenen Erscheinungen ausschlösse.

Färben lässt sich die in Chromsäure geronnene Gelatine mit sehr verdünnter Hämatoxylinlösung. Sie nimmt dabei einen tief blauen Farbenton an, so dass nur dünnste Schichten zur Untersuchung geeignet sind. Ueberhaupt gilt dies von Färbungen solch' feiner Gerinnungsschäume; sie gewähren nur dann einen Vortheil, und einen tieferen Einblick in die Strukturverhältnisse, wenn äusserst dünne, wo möglich einwabige Schichten zur Untersuchung gelangen, da nur in diesem Fall ein scharfer Unterschied zwischen Gerüstwerk und Inhalt der Wabenräume hervortritt, während an dickeren Schichten die Dunkelheit bei starker Färbung sehr stört. Starke Färbung ist aber nöthig wegen der ungemeinen Zartheit der Elemente. Ich habe daher früher von gefärbten Präparaten wenig Gebrauch gemacht und kann auch nicht behaupten, dass ich mit Hämatoxylin sehr gelungene erzielt hätte. In neuerer Zeit wurden diese Versuche wieder aufgenommen und dabei viel bessere Präparate hergestellt. Zur Färbung sehr geeignet erwies sich einerseits Pikrinsäure, die bei der Ueberführung der Präparate dem Xylol beigemischt wird. Von den versuchten Anilinfarben ergab namentlich Säurefuchsin, in 70—80 % Alkohol gelöst, sehr gute Färbungen, auch Vesuvinbraun und Wollschwarz waren verwendbar; doch werden sich wohl noch zahlreiche Anilinfarben zu diesem Zwecke eignen. Die Färbung geschah in stark alkoholischer Lösung, um Quellung und Blasenbildung in verdünntem Alkohol zu vermeiden. An den dünnsten Schichten derartig gefärbter Präparate kann man sich mit aller Sicherheit überzeugen, dass das Gerüstwerk gefärbt ist, der Wabeninhalt dagegen nicht.

Wie gesagt, lehrt die Untersuchung der in Chromsäure geronnenen Gelatine mit aller Sicherheit, dass es sich in guten Präparaten um eine sehr feinwabige Struktur handelt. Da derartige Strukturen schon genügend geschildert wurden, möge hier nur auf die Photographien Taf. 1 Fig. 8—10, Taf. 2 Fig. 2—5 und namentlich Taf. 17 Fig. 4, sowie Taf. 21 Fig. 3 und 9 hingewiesen werden, welche davon eine genügende Vorstellung geben. Als Beweise für diese Natur der Struktur führe ich an: die Nachweisbarkeit des hohen falschen Netzbildes, das vielfach bestimmt zu beobachten ist, ferner den Alveolarsaum an freien Oberflächen und um Luftblasen oder eingeschlossene Tropfen von Oel etc., die Einlagerung feinster, der Gelatine vor der Gerinnung beigemischter Farbepartikelchen[1]) in die Knotenpunkte des Waben-

lichem Zellgewebe) kann man beim Einbringen des wassergetränkten Objekts in ein stark wasseranziehendes Medium, konzentrirtes Glycerin oder Schwefelsäure z. B., auch Dampfblasen auftreten sehen" (d. h. in den Zellhöhlen). „Dies beruht offenbar nur darauf, dass die wasseranziehende Flüssigkeit nicht so schnell durch die Poren von aussen nach innen, wie das Wasser von innen nach aussen strömen kann."

1) Am geeignetsten fand ich dazu Berlinerblau, das einer käuflichen weichen Farbe entnommen, in Wasser aufgeschwemmt und filtrirt wurde. Die feinen Globuliten des Berlinerblaus sind in Prä-

gerüstes und endlich die Ersetzung der Wabenflüssigkeit durch Luft oder Gas. Gaserfüllung sah ich in Präparaten, die in Wasser mit Paraffin sorgfältigst eingeschlossen waren, nach einigen Monaten eintreten. In der auf solche Weise äusserst langsam eingetrockneten Gelatine hatten sich die Wabenräume fast durchaus mit Gas gefüllt, so dass die Gelatine grossentheils kreideweiss geworden war. Dabei zeigten sich die gleichen Erscheinungen, wie sie in ähnlichen Fällen früher und auch oben geschildert wurden, d. h. Erfüllung einzelner, isolirter Räumchen mit Gas, was als weiterer Beweis für die Schaumstruktur gelten darf, wie schon vorhin betont wurde.

Die Grössenverhältnisse der Waben lassen sich auf guten, mit starken Vergrösserungen aufgenommenen Photographien wohl feststellen. Die bei 3150facher Vergrösserung hergestellte Photographie Taf. 21, 9 nach einem Präparat, das mit mindestens 10% Gelatine angefertigt war, ergiebt als mittleren Wabendurchmesser (die Wände eingerechnet) in der gaserfüllten Partie (rechts) 0,8 μ, während in der nicht gaserfüllten anstossenden Partie der Durchmesser ein klein wenig geringer zu sein scheint, d. h. ca. 0,7 μ. Die Dicke der Wände lässt sich auf $^1/_5$ des Wabendurchmessers schätzen, beträgt demnach etwa 0,15 μ.

Wie oben hervorgehoben wurde, fällt die Struktur bei mangelhafter Wirkung der Chromsäure häufig gröber aus. Dort wurde auch schon auf die Vorgänge hingewiesen, welche zur Vergröberung der Struktur führen, sowie deren Gründe erörtert. Gerade diese etwas gröberen, anormalen Strukturen, wie sie den Photographien Taf. 1 Fig. 5 und 7, Taf. 2 Fig. 1 und 6 zu Grunde liegen, lassen natürlich die Schaumstruktur besonders gut erkennen. Bei sehr weit gehender Zerstörung der ursprünglichen Struktur treten endlich auch grobnetzige Partien auf, die sicher nicht mehr wabig, sondern schwammig-netzig sind, indem eine theilweise Zerstörung der Wabenwände stattgefunden hat, wobei die Kanten als ein Schwammwerk stehen blieben. Endlich kann man bei sehr mangelhafter Gerinnung auch Stellen finden, wo die Zerstörung noch weitere Fortschritte gemacht hat, so dass ein Haufwerk ungleichmässiger Granulationen resultirte, welche hie und da noch durch Fädchen verbunden sind. Die Uebergänge solcher Partien in schwammig-netzige erweisen, dass sie durch weitergehende Zerstörung letzterer entstanden sind.

Wenn man dicke Gelatine, die dem Erstarren nahe ist, auf den Objektträger streicht, so dass die erstarrende Gelatine der Zugwirkung noch unterliegt, so spricht sich dies in dem geronnenen Präparat häufig deutlich aus, indem die feine Schaumstruktur der gestreckten Partien faserig gedehnt ist. Selbst wenn die Gerinnung ziemlich grob ausfiel, tritt die faserige Struktur noch sehr klar hervor.

Faserige Strukturen in der geronnenen Gelatinegallerte entstehen jedoch auch noch auf andere Weise, nämlich ganz ähnlich wie in geronnenem Eiweiss um eingeschlossene Luftblasen, die sich bei der Erstarrung und Abkühlung zusammenziehen und daher auf die umgebende Gelatine einen gleichmässigen und allseitigen

paraten, die in Kanadabalsam aufgehellt wurden, gut zu erkennen, wogegen sehr feine Tuschekörnchen viel schwieriger in dem Gerüstwerk zu sehen sind. Karmin ist im Allgemeinen zu grobkörnig, um einzelne Knotenpunkte einnehmen zu können. Die Einlagerung der feinen Berlinerblau-Globuliten in die Knotenpunkte des so minutiösen Wabengerüstes lässt sich aber nur an den dünnsten, einwabigen Schichten sicher beobachten. Hierzu bietet die äusserst dünne Schicht zwischen grösseren Luftblasen und dem Deckglas die beste Gelegenheit, wie sie denn überhaupt zum Studium des Wabenbaues besonders geeignet ist.

Zug ausüben. Damit diese allseitige Strahlung um die Luftblasen zu guter Ausbildung gelangt, ist jedoch nach meinen Erfahrungen nöthig, dass stark eingedickte zähe Gelatine verwendet wird, d. h. eine Lösung, die etwa 30—40 % trockener Gelatine enthalten mag (direkt ausprobirt habe ich dies nicht, sondern beurtheile den Gehalt nur nach der Zähigkeit der Lösung). Die Konzentration der Gelatinelösung ist jedenfalls deshalb nöthig, damit sie rasch erstarrt, während die Luftblase noch in Verkleinerung begriffen ist. Zahlreiche Versuche mit 10 und 20 % Gelatine ergaben meist, dass diese Konzentrationen für das Gelingen der Versuche nicht ausreichen; dies tritt erst ein, wenn die Lösung auf dem Wasserbad bis zur angegebenen Konsistenz eingedickt wurde. — Ich hebe dies besonders hervor, da ich selbst bei einer Wiederholung der ursprünglichen Versuche mich lange vergeblich bemühte, ohne sichere Resultate zu erzielen, bis ich die Ursache endlich in der zu geringen Konsistenz der Gelatine aufgefunden zu haben glaube. — Ich bemerke jedoch, dass zuweilen auch in Lösungen von 10—15 % Gelatine sehr schöne Strahlungen erhalten wurden. Ueberhaupt haben diese Versuche noch etwas Unberechenbares; manchmal kann man zahlreiche Präparate herstellen, die wenig von den zu besprechenden Erscheinungen zeigen, das andere Mal fallen die Präparate vorzüglich aus. Ich habe viel Zeit und Mühe auf die Ermittelung der genaueren Bedingungen verwandt, ohne derselben hinreichend Herr zu werden. Dies sei betont, um etwaige Versuche Anderer, welche nicht gleich von Erfolg gekrönt sind, zu ermuthigen. Am besten verwendet man eine Gelatinelösung, die durch Schmelzen einer in kaltem Wasser $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde gequollenen Gelatine hergestellt wurde, und dickt dieselbe auf dem Wasserbad, wenn nöthig, beliebig ein.

Zur Herstellung der Präparate verfuhr ich in der Regel folgendermassen. Die dickflüssige Gelatine wird in dünner Schicht mit einem feinen Glasstab oder der Nadel auf das Deckglas gestrichen und, wenn nöthig, noch durch Umrühren mit der Nadel dafür gesorgt, dass sich darin viele und möglichst kleine Luftbläschen befinden. Darauf wird das Deckglas mit einer Pinzette so über ein kochendes Wasserbad gehalten, dass die Gelatineschicht nach unten gewendet ist, und rasch tüchtig erhitzt, ohne dass sich die Gelatine zu sehr verdünne. Hierauf lässt man unter Bedeckung mit einem Uhrglas erstarren (ca. 8—10 Minuten). Erstarrung unter Mithilfe rascher Abkühlung auf Eis, was ich auch versuchte, hat keine besseren Resultate ergeben.

An derartig hergestellten und in Wasser oder Kanadabalsam untersuchten Präparaten wird man, wenn sie gelungen sind, stets zahlreiche Luftblasen finden, um die eine ganz prachtvolle Strahlung ausgebildet ist, welche unter Umständen den 5- bis 10-fachen Durchmesser der Blase erreichen, ja übertreffen kann und die, an Feinheit und Zartheit der Struktur, den im Protoplasma beobachteten Strahlungserscheinungen durchaus gleichkommt. Die Photographien Taf. 1 Fig. 9 bei schwächerer Vergrösserung und besonders Taf. 17 Fig. 4 bei 1780facher Vergrösserung zeigen die Strahlung vortrefflich. Die genauere Betrachtung der letzteren Photographie lehrt zugleich sicher, dass die Ursache der Strahlung nur die Umformung des gewöhnlichen Wabenwerkes in Folge eines centripetalen Zuges ist. Die stärkeren Radialfasern sind nichts weiter wie die in einer Flucht hintereinander gereihten Wände benachbarter Wabenreihen; doch ist es auch möglich, dass sie z. Th. aus kleineren

Wabenräumchen mit relativ dicken Wänden bestehen, die daher dunkler wie die übrigen Waben erscheinen. Wie gesagt, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass das Strahlungsphänomen nur einer solchen Umordnung des gewöhnlichen Wabenwerks seine Entstehung verdankt [1]).

An derartigen Präparaten mit Strahlungen um Luftblasen tritt häufig, wenn auch nicht immer, noch eine weitere, sehr interessante Erscheinung auf, indem nämlich die Luftblase zunächst von einem homogen erscheinenden Hof umgeben ist, an dessen Peripherie erst die Strahlung beginnt (s. Taf. 17, Fig. 4). Die Strahlung ist keineswegs scharf gegen den Hof abgegrenzt, beide gehen vielmehr allmählich in einander über. Auch zeigt sich vielfach, dass der Hof nicht vollkommen homogen ist, sondern sehr blasse und feine Fortsetzungen der Strahlung aufweist (s. Taf. 1, Fig. 7 und 8). Wie gesagt, ist diese Hofbildung nicht um alle mit Strahlung versehenen Luftblasen vorhanden; jedoch darf im Allgemeinen behauptet werden, dass bei starker Entwickelung der Strahlung der Hof nicht fehlt.

Das Entstehen des hellen Hofes dürfte nicht allzuschwer zu erklären sein. Da das Strahlenphänomen sicher von der, bei der Verkleinerung der Luftblase ausgeübten Zugwirkung herrührt, wie schon der Vergleich mit den früher (p. 41) beschriebenen Strahlungen um Luftblasen in Gelatineölemulsionen lehrt, so folgt daraus, dass die, die Luftblase zunächst umgebende Gelatine, welche an die Stelle des Raumes tritt, der bei der Verkleinerung der Blase geschwunden ist, in der Richtung senkrecht auf die Radien stark zusammengepresst, in der Radialrichtung dagegen sehr gestreckt werden muss. In Folge davon muss die Wabenbreite in dieser Region so gering werden, dass die Struktur nur noch in undeutlichen Spuren sichtbar ist oder sich dem Auge ganz entzieht. Möglicherweise könnte sich dazu gesellen, dass aus dem Wabenwerk des hellen Hofs etwas Flüssigkeit in die Umgebung ausgepresst und das Wabenvolumen hier überhaupt verkleinert wird.

Bei genauerer Untersuchung ergiebt sich nämlich die ursprünglich kaum erwartete Thatsache, dass der lichte Hof, den man wegen seiner Durchsichtigkeit geneigt wäre für schwächer lichtbrechend als die Umgebung zu erachten, gerade umgekehrt stärker brechend, also dichter ist als die angrenzende strahlig strukturirte Gelatine. Ueber diese Thatsache belehrt man sich leicht durch Betrachtung bei tiefer und hoher Einstellung; bei ersterer erscheint der Hof nämlich etwas dunkler, bei letzterer dagegen lichter wie die Umgebung. Eine direkte und erwünschte Bestätigung dieser Erfahrung liefern auch die gefärbten und in Kanadabalsam aufgestellten Präparate, die ich in neuerer Zeit angefertigt habe. An den mit Säurefuchsin gut tingirten Präparaten tritt schön hervor, dass sich der lichte Hof bedeutend intensiver färbt als die umgebende Gelatine, und daher als schön rothe Sphäre aus

[1]) Bei dieser Gelegenheit möchte ich betonen, dass man bei Verwendung der schwächeren Apochromate von Zeiss (16 mm, 8 mm) und zu tiefer Einstellung auf in der Gelatine eingeschlossene Luftblasen scheinbare Strahlungen sieht, die keine reelle Existenz haben, sondern optische Trugbilder sind. Ich habe das schon 1889 bei meinen Untersuchungen über Strahlungen in Oelseifenschäumen vielfach bemerkt und möchte es hier deshalb besonders betonen, damit Gemüther, welche bei Anderen leicht Täuschungen wittern, darüber beruhigt werden, dass es sich bei den zu beschreibenden Strahlungen nicht um dergleichen handelt, falls auch sie die fälschlichen Strahlungen einmal wahrnehmen sollten. Die hier zu erörternden wirklichen Strahlungen erscheinen stets am klarsten und deutlichsten bei ganz scharfer Einstellung der Luftblase.

der Umgebung hervorleuchtet. Der Hof enthält daher entschieden mehr färbbare Gelatinesubstanz wie die Umgebung, er ist dichter wie diese, was sich nur darauf zurückführen lässt, dass bei seiner Entstehung auch eine wirkliche Verkleinerung des Wabenwerks stattfindet, vermuthlich durch Auspressung von Wabenflüssigkeit in die Umgebung. — Eigenthümlicher Weise zeigt sich auch in Präparaten, die mit Gelatine hergestellt wurden, welche ziemlich stark mit aufgeschwemmtem Berliner blau versetzt war, hier und da die gleiche Erscheinung, d. h. der Hof erschien dunkler blau als die Umgebung. Mit den stärksten Vergrösserungen liessen sich jedoch in den Höfen meist nur sehr wenige Partikelchen des Berlinerblaus unterscheiden, die Färbung erschien vielmehr diffus oder homogen. Dass dies zwar wirklich der Fall ist, möchte ich bezweifeln; ich halte es für wahrscheinlicher, dass in dem aufgeschwemmten Berlinerblau eine grosse Menge feinster Partikelchen vorhanden sind, die wegen ihrer Kleinheit nicht mehr wahrgenommen werden, und suche daher die intensivere und anscheinend diffuse Färbung des Hofes darin, dass in dem dichteren Hof diese Partikelchen auch in relativ grösserer Menge vorhanden sind und dessen intensiveres Blau bedingen.

Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, dass man in der umgebenden Strahlenfigur die sichtbaren Partikel des Berlinerblaus stets und sehr schön den Fasern des Strahlenwerks eingelagert sieht und daher auch stellenweise schöne Reihungen solcher Körnchen beobachtet. Das Gleiche gilt natürlich, wie vorgreifend bemerkt werden mag, für die Fasern der Spindelfigur, die sich zwischen zwei Luftblasen häufig ausbildet.

Bei Wiederholung der Versuche in neuerer Zeit und bei Untersuchung aufgehellter Präparate gelang es weiterhin, eine Reihe Thatsachen festzustellen, welche für die Vergleichbarkeit der Strahlenerscheinung mit den im Protoplasma der Zellen auftretenden ähnlichen Figuren von grosser Wichtigkeit erscheinen. Haben wir eben gesehen, dass die hellen Höfe sich intensiver färben als die Umgebung und daher unter solchen Umständen wie etwas Besonderes, von der Umgebung Verschiedenes erscheinen, obgleich sie dies nicht sind, sondern die Differenz in der Färbung nur auf ihrer grösseren Dichte beruht, so können sich auch noch weitere Besonderheiten ausbilden, die die Höfe gegen die Umgebung schärfer abgrenzen. So begegnet man in den aufgehellten Präparaten zum Theil Höfen, welche gegen die angrenzende Gelatine sehr scharf abgesetzt sind, indem ihre Grenze von einem dunklen Körnchenkreis gebildet wird (s. die Photographie Fig. 11, Taf. 20). In diesem Falle erscheint daher der Hof wie eine scharf begrenzte Attraktionssphäre. Um diesen dunklen Grenzkreis der Sphäre können sich jedoch in mässigen Entfernungen gelegentlich noch 1—2 ähnliche, weniger deutliche Kreise wiederholen (s. die erwähnte Figur und Fig. 10, Taf. 20). Die genauere Untersuchung ergiebt, dass sich die, von den konzentrischen Kreisen begrenzten Zonen in ihrer Lichtbrechung verschieden verhalten, d. h. während der eigentliche Centralhof, wie bemerkt, stark lichtbrechend ist, ist die Zone zwischen dem ersten und zweiten Kreis schwächer lichtbrechend als der Centralhof und die Umgebung oder die folgende 3. Zone. Natürlich werden diese Unterschiede centrifugalwärts immer undeutlicher, ebenso wie die Kreise, die die Zonen abgrenzen. Aus dem Bemerkten folgt ferner, dass die Zonen bei tiefer und hoher Einstellung in gerade umgekehrtem Aussehen erscheinen müssen, d. h. diejenigen,

welche tief hell sind, erscheinen bei hoher Einstellung dunkel und umgekehrt. Die bei tiefer Einstellung dunklen Körnchenkreise auf der Grenze der Zonen rühren, soweit ich dies bis jetzt zu beurtheilen vermag, von der Zwischenschaltung einer ziemlich regelmässig konzentrisch geordneten und weniger radial gestreckten Wabenlage her, die auch im Allgemeinen dichter erscheint und daher bei tiefer Einstellung dunkler; d. h. also, es lassen sich diese Körnchenkreise selbst als eine sehr dünne eingeschaltete Zone auffassen, wie sie eben geschildert wurden.

Es ist eigenthümlich, dass diese Verhältnisse gar nicht wenig an diejenigen erinnern, welche wir früher bei den geschichteten Sphärokrystallen fanden und welche wir bei Betrachtung der Stärkekörner wieder begegnen werden. Andererseits mag gleich hier daran erinnert werden, wie sehr diese Erscheinungen mit der sogen. Sphärenbildung um die Centrosomen, sammt den sogen. Körnchenkreisen, übereinstimmen.

Die Zugkraft, welche bei der Verkleinerung der Luftblase allseitig auf das umgebende Wabengerüst wirkt, muss natürlich umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung abnehmen. Die Abnahme der sichtbaren Wirkung dieser Kraft, welche sich in der Umformung des Wabengerüstes zu strahliger Beschaffenheit äussert, nimmt dagegen wohl, da es sich um körperliche Verhältnisse handelt, umgekehrt der 3. Potenz der Entfernung ab. Jedenfalls folgt daraus die rasche Abnahme der Strahlung in der Umgebung. In einem vollkommen leichtflüssigen Schaum wäre durch die Wirkung der gleichen Ursache das Entstehen einer Strahlung nicht möglich, da hier ein Widerstand fehlen würde, welcher die Anspannung des Schaumgerüstwerks ermöglicht. In einem festen Gerüstwerk dagegen, wie es die Gelatinegallerte darbietet, sind dazu die nöthigen Bedingungen gegeben. Je zähflüssiger ein Schaum, desto eher wird auf derselben Grundlage das Strahlungsphänomen eintreten können, ebenso aber auch wohl, wenn ein leichtflüssiges Schaumwerk in eine feste elastische Membran eingeschlossen ist, wodurch eine widerstandsfähige Oberfläche gegeben wird.

Die Beobachtung der prächtigen Strahlungserscheinungen liess bald die Vermuthung entstehen, dass unter solchen Umständen auch zwei, im Bereich der gegenseitigen Strahlung befindliche Luftblasen auf einander Zugwirkungen ausüben werden und dass dabei Bildungen entstehen müssen, welche der sog. karyokinetischen Figur bei der Kern- und Zelltheilung sehr ähnlich sein dürften. — Diese Vermuthung wurde durch Versuche, bei denen dafür gesorgt war, dass die Gelatine zahlreiche kleine Luftblasen einschloss, vollkommen bestätigt.

Wenn nämlich zwei Luftblasen, von denen eine Strahlung ausgeht, so weit genähert sind, dass die Strahlungsbezirke sich berühren, so werden die Strahlen, welche sich um die Verbindungslinie der beiden Blasen gruppiren, durch das Aufeinanderwirken der Blasen so abgelenkt, dass sie bogenförmig in einander übergehen. Es wird also zwischen den beiden Blasen als Polen eine Spindelfigur gebildet, welche bald mehr rein spindelförmig (Taf. 1, Fig. 8, Taf. 21, Figg. 2 und 5), bald mehr tonnenförmig (Taf. 1, Fig. 7, Taf. 2, Fig. 1) erscheinen kann. Das hängt zum Theil auch von der Grösse der wirksamen Blasen ab. Die an die Spindelfigur angrenzenden Strahlen sind auch stets mehr oder weniger bogenförmig abgelenkt, bis endlich Strahlen folgen, an denen keine eigentliche Beeinflussung oder Ablenkung mehr

nachzuweisen ist. — Bei gewissen derartigen Figuren war durch einen eigenthümlichen, nicht ganz erklärlichen Umstand die Deutlichkeit der zwischen den Blasen sich ausspannenden Spindelbildung noch vergrössert, indem sich zu beiden Seiten der strangförmigen Spindel eine gewisse Aufhellung der Gelatinemasse zeigte, weshalb sich die Spindel schärfer von der Umgebung abhob. Fig. 7 Taf. 1 zeigt dies in Andeutung ziemlich gut; sehr charakteristisch tritt die Erscheinung auch in Fig. 6 Taf. 21 hervor und in extremer Weise ist sie auf Fig. 1 Taf. 2 ausgebildet. Hier wird das Bild ganz eigenthümlich, indem zu den Seiten der Spindel (in Wirklichkeit natürlich allseitig um die Spindel) eine Vereinigung der sehr ausgebildeten hellen Höfe beider Blasen eingetreten ist, die kleine Spindel daher ganz scharf von der Umgebung abgegrenzt erscheint. Zu beiden Seiten der Spindel bemerkt man dann eine Aufhellung mit wenig deutlicher Strahlung und darauf die sehr klaren Strahlen um die Blasen. Für die eben erwähnte eigenthümliche Aufhellung in der Umgebung der Spindelfigur, wodurch deren Deutlichkeit so vergrössert wird, vermag ich vorerst eine plausible Erklärung nicht zu finden. Auf Fig. 5, Taf. 21, ebenso zum Theil aber auch auf den übrigen, lässt sich beobachten, dass die Strahlensysteme unter deutlicher Kreuzung ineinander greifen können. Ich betone dies deshalb, weil gelegentlich bemerkt wurde, dies sei eine besondere Eigenthümlichkeit der Protoplasmastrahlung bei der Zelltheilung, welche den von mir hergestellten, sogen. künstlichen karyokinetischen Figuren fehle (E. B. Wilson [1896] p. 35). Diese etwas befremdende Erscheinung der sich kreuzenden Strahlensysteme ist weniger seltsam, als es im ersten Augenblick scheint. Wir werden später genauer zu erörtern haben, dass in feinschaumig strukturirten Körpern unter Wirkung eines Zugs kreuzstreifige Strukturen entstehen müssen, welche es erklärlich machen, dass auch bei den hier vorliegenden Figuren die gleichen Erscheinungen hervortreten können, speziell da, wo die Zugwirkung sich schwächer äussert.

Diese Erfahrungen über kreuzstreifige Strukturen, welche im Folgenden ausführlicher besprochen werden sollen, lassen die Frage aufwerfen, ob die durch Zugwirkungen entstehenden Strahlungen in schaumig strukturirten Substanzen wirklich rein radiäre Strahlungen sind? Nach diesen Erfahrungen möchte man es als wahrscheinlicher erachten, dass sie aus zwei, in entgegengesetztem Sinne schwach gekrümmten, unter sehr spitzem Winkel gekreuzten Strahlensystemen zusammengesetzt seien. Dass dies wirklich der eigentliche Charakter der Strahlensysteme ist, dafür liefern die zahlreich von mir hergestellten Photographien einige, wenn auch nicht sehr beweiskräftige Anhaltspunkte. Wenn ich jetzt einen solchen Aufbau der Strahlensysteme für sehr wahrscheinlich halte, so stütze ich mich dabei einerseits auf die zu schildernden Beobachtungen über die Erzeugung kreuzstreifiger Strukturen durch Zug und andererseits vor Allem auf die direkte Beobachtung einer solch' kreuzstreifigen, durch centripetalen Zug hervorgerufenen Strahlung, welche wir schon oben bei den Gummischäumen erläuterten (s. p. 53 und Textfig. 15, 12 auf p. 51).

Recht interessant ist die Fig. 6 Taf. 21 abgebildete Spindelbildung, da sie durch das Zusammenwirken d r e i e r benachbarter Blasen entstand. Es wurde eine recht schöne Spindelfigur zwischen den beiden, auf der Photographie gut sichtbaren Blasen gebildet, doch erfuhr sie eine Ablenkung durch eine dritte kleine Blase, welche in der Photographie nur als ein verschwommener Fleck neben der Spindel

erscheint, da sie unter der Ebene der beiden sichtbaren Blasen liegt. Diese dritte Blase hat nun die Spindel deutlich gegen sich abgelenkt und so Anlass zur Bildung einer undeutlich dreipoligen Spindel gegeben, weil die Wirkung der dritten, sehr kleinen Blase viel geringer war, wie jene der beiden anderen.

Wenn die Luftblasen in der angegebenen Weise genügend kräftig aufeinander wirken, so modifiziren sie ihre Gestalt auch gegenseitig, indem die sich anschauenden Pole der Blasen mehr oder weniger ausgezogen, die Blasen daher thränenförmig werden. Wie die Photographie Taf. 2 Fig. 6 zeigt, können in extremen Fällen die Pole ganz lang zugespitzt sein; gewöhnlich sind jedoch die Blasen nur eiförmig, mit zugewendeten spitzen Polen.

Bemerkenswerth scheint die Erfahrung, dass sich gelegentlich auch sehr hübsche helle Centralhöfe mit guter Strahlung finden, in deren Centrum kein Luftbläschen nachzuweisen ist. Schwerlich kann darüber ein Zweifel bestehen, dass es sich hier um Höfe handelt, deren ursprünglich sehr kleine Luftblase bei der Abkühlung so stark reduzirt wurde, dass sie unkenntlich geworden ist. Dies kann um so eher eintreten, als bei der Ueberführung in Wasser wohl häufig Absorption der Luft der Blasen eintritt, und dieselben dann mit wässeriger Flüssigkeit gefüllt sind. In diesem Zustand, in welchem die geringere Differenz der Lichtbrechung eine viel geringere Schärfe der Blasen bewirkt, ist es recht wohl möglich, dass sich sehr klein gewordene Bläschen der Wahrnehmung gänzlich entziehen. Jedenfalls spricht diese Erfahrung entschieden dafür, dass auch sehr minimale Luftbläschen und daher auch geringe Volumenverkleinerungen, welche bei der Abkühlung eintreten, zur Ausbildung einer vorzüglichen Strahlung und eines gut entwickelten Centralhofes führen können.

In den vorstehenden Mittheilungen und Betrachtungen habe ich die Strahlungen um die Luftblasen, wie in meinem vorläufigen Bericht von 1892, nur auf die Volumenverringerung zurückzuführen gesucht, welche die Luft bei der Abkühlung nach dem Erstarren der Gelatine erleidet. Diese Abkühlung ist relativ gering, da die Erstarrungstemperatur bei 35—40⁰ liegt, die äussere Temperatur dagegen meist etwa 18—20⁰ C. betrug. Es ist ja richtig, dass schon eine sehr geringe Volumenverkleinerung der Luftblasen bei so minutiösen Strukturen sichtbare Wirkungen haben muss; dennoch schien mir schon früher die Möglichkeit vorzuliegen, dass bei der Entstehung sehr ausgeprägter Strahlungserscheinungen noch ein weiteres Moment im Spiele sein dürfte. Auf diesen Umstand wurde ich noch direkter hingeleitet, als ich mir die Frage vorlegte, wie sich die strahlige Figur um die Luftblasen im polarisirten Licht verhält. Denn wenn die Voraussetzung zutrifft, dass die Strahlung die Folge einer von der Luftblase ausgehenden Zugwirkung ist, so muss sich das natürlich an der dem Zug unterliegenden Gelatine äussern, da gedehnte Gelatine doppelbrechend wird und zwar, wie wir später bei Betrachtung der Gelatinefäden noch genauer sehen werden, einachsig positiv. Die Untersuchung der in Kanadabalsam aufgehellten Strahlenfiguren im polarisirten Licht ergab denn auch, dass diese Voraussetzung zutrifft. Die Strahlenfigur polarisirt deutlich, wenn auch schwach und giebt mit dem Gypsplättchen erster Ordnung die Farbenvertheilung schwach polarisirender, positiver Sphärokrystalle, wie die Stärkekörner also. Ohne Gypsplättchen erscheint dagegen kein deutliches Kreuz, vielmehr sind die Quadranten,

welche bei querer Stellung der Polarisationsebene des Analysators rechts oben und links unten liegen, dunkel, die alternirenden hell. Dies bleibt so bei beliebiger Lage der Strahlungsfigur zu den Polarisationsebenen.

Es liegt nun nahe, die Polarisationsverhältnisse der Umgebung von Luftblasen in gewöhnlicher erstarrter Gelatinegallerte zu untersuchen, weil damit ein Massstab für die Zugwirkung zu erlangen ist, welche von den Luftblasen auch in nicht geronnenem Zustand der Gallerte ausgeübt wird. Untersucht man ein frisch bereitetes Präparat von eben erstarrter, etwa 10—30% Gelatinegallerte mit Luftblasen, so findet man, dass die Umgebung der Blasen nicht oder doch nur äusserst schwach possitiv polarisirt. Wenn die an der Unterseite des Deckglases befindliche Gelatineschicht jedoch einige Zeit steht, wobei die Verdunstung sehr gering ist, oder wenn die Präparate einige Stunden, vor Verdunstung geschützt, in der feuchten Kammer aufbewahrt werden, so wird die positive Polarisation um die Luftblasen viel kräftiger, so dass bei Untersuchung mit dem Gypsplättchen erster Ordnung um viele Blasen sehr lebhafte schöne Farben auftreten. Dabei fällt aber auf, dass gelegentlich an gewissen Stellen und besonders an den Rändern der Gallertschicht auch einzelne Blasen vorkommen, welche genau umgekehrt polarisiren, d. h., sich wie negative Sphärokrystalle verhalten, also mit dem Gypsplättchen die entgegengesetzte Farbenvertheilung zeigen. Die Erklärung hierfür werde ich gleich geben. Wurde zu einem derartigen Präparat, das schon einige Zeit auf dem Objektträger gestanden hatte, Wasser zwischen Objektträger und Deckglas gegeben, so zeigte sich fast sofort eine Verstärkung der positiven Polarisation in der Umgebung der Blasen, die bald recht kräftig wurde, und gleichzeitig wirkten die genäherten Blasen stark aufeinander, was in der Bildung deutlicher, positiv polarisirender, d. h. gedehnter Spindeln zwischen ihnen sich aussprach und auch in der früher geschilderten, exquisit thränenförmigen Gestalt der meisten derartigen Blasen. Ebenso schien deutlich, dass die thränenförmige Umformung der Blasen sich allmählich verstärkte. Ueber Nacht hatte die Polarisation noch wesentlich zugenommen, was sich in dem Kräftigerwerden des Farbenbildes kennzeichnete, namentlich aber auch darin, dass nun, bei der Untersuchung zwischen gekreuzten Nicols, um viele Luftblasen ausgezeichnete dunkle Kreuze zu sehen waren, während zuvor die Erscheinung sich so darstellte, wie sie oben für die Strahlenfigur der Kanadabalsampräparate beschrieben wurde, d. h. als ein Alternieren heller und dunkler Quadranten. Die Kreuze zeigten sich jedoch stets so verzogen, wie es die Textfig. 50 (p. 163) lehrt, auf die ich später noch zurückkommen werde.

Schon kurze Zeit nach Zusatz des Wassers liessen sich an manchen Luftblasen deutliche Anzeichen von Absorption wahrnehmen, da sie unregelmässig wurden, während sich der regelmässige Kontur der ursprünglichen Blase darum noch deutlich erkennen liess; der Raum zwischen der unregelmässig gewordenen Luftblase und dem ursprünglichen Kontur der Blase war mit schwächer brechender Substanz, zweifellos also Flüssigkeit (Wasser) gefüllt (ähnlich Textfig. 49,3). Bis zum andern Tage hatte übrigens die Absorption der Luft keine wesentliche Fortschritte gemacht. Ich sprach von einer Absorption der Luftblasen, obgleich dieselbe aus dem geschilderten Aussehen allein nicht folgt, denn dies könnte ebenso wohl von der Quellung der Gelatine im Wasser herrühren, da sich dabei der Raum der Blase erweitern und die Luft verdünnen muss, was zur Folge hat, dass so lange Wasser

aus der umgebenden Gelatine in diesen Raum filtrirt, bis der Normaldruck hergestellt ist. Dass jedoch thatsächlich auch eine langsame Absorption der Luftblasen stattfindet, unter Verkleinerung ihres Volumens, und dass dadurch ein Zug auf die umgebende Gelatine ausgeübt wird, schliesse ich aus der allmählichen auffallenden Verstärkung der Polarisation in der Umgebung der Blasen, wie sie vorhin geschildert wurde; denn nur dadurch scheint mir diese Erscheinung erklärlich zu werden.

Dass nun wirklich eine allmähliche Absorption der Luftblasen in Gelatinegallerte stattfindet, beobachtete ich sehr überzeugend an einem Präparat, das mit 20—30 % Gelatine, die mit Berlinerblau versetzt war, in der Weise hergestellt wurde, dass das Deckglas mit der aufgestrichenen Gelatine, die zahlreiche Luftbläschen enthielt, direkt auf den Objektträger gelegt wurde. Schon nach kurzer Zeit war um die meisten Luftblasen eine sehr schöne und kräftige positive Polarisation ausgebildet, die sich auch hier allmählich steigerte und zur Bildung zahlreicher schöner Kreuze um die Blasen führte (s. Textfig. 50). — Schon bald nach der Herstellung des Präparats zeigten sich an gewissen Stellen, besonders in der Nähe des Deckglasrandes, sehr auffallende Anzeichen von Schwinden der Luftblasen, wobei dieselben in der verschiedensten Weise, bald regelmässiger, bald unregelmässiger zusammengepresst wurden, so dass sehr eigenthümliche Figuren zu Stande kamen, von denen die nebenstehenden Abbildungen (Textfig. 49) einige zeigen. Dabei war der noch offene Rest der ursprünglichen Luftblasen in der Regel viel stärker lichtbrechend wie Luft, woraus zu schliessen war, dass dieser Rest gar nicht mehr mit Luft erfüllt war, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach mit Wasser, das aus der umgebenden Gallerte ausgepresst worden sein dürfte. Diese Auffassung wird durch Zustände der Blasen, wie sie in Textfig. 49 dargestellt sind und welche den Raum der Blasen theils von Luft, theils von Flüssigkeit erfüllt zeigen, fast ganz gesichert[1]). Um derartige zusammengesunkene Blasen, deren Verhalten nur auf einer allmählichen Absorption der Luft beruhen kann, ist nun die Polarisation stets besonders kräftig und deutlich, meist mit guter Kreuzbildung. Die Reste der fast geschwundenen Blasen sind häufig so blass und unscharf gezeichnet, dass man erst bei Untersuchung im polarisirten Licht auf die betreffenden Stellen aufmerksam wird und im Anschluss hieran den Blasenrest als eine kleine blasse Spalte in der Gallerte auffindet (s. auch Textfig. 52 p. 190). Dass in diesen Fällen eine allmähliche Absorption der Blasenluft stattfindet und hieraus die starke Zugwirkung auf die Umgebung resultirt, scheint mir sicher. Dabei mag vielleicht eine Erhöhung des inneren Drucks,

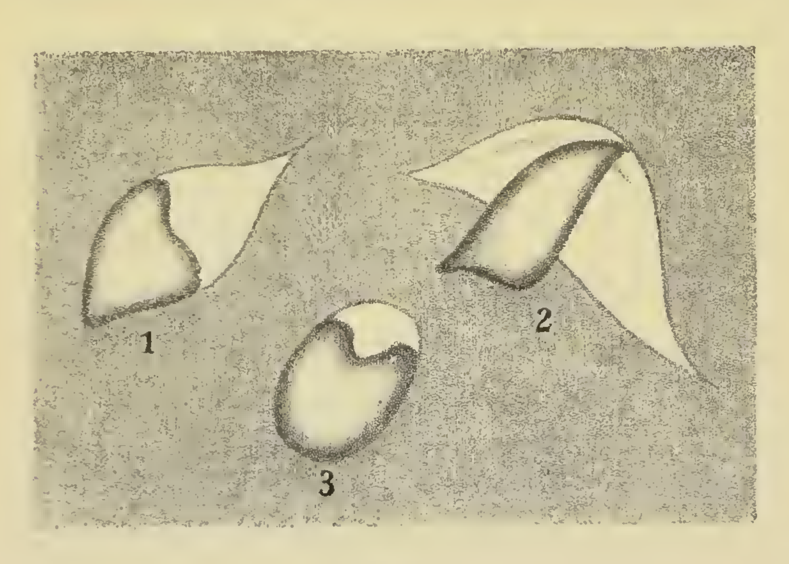


Fig. 49.

Ehemalige Luftblasen in Gelatine, die zwischen Objektträger und Deckglas eingetrocknet wurde. Die dunklen Partien lufthaltig, die hellen von Flüssigkeit erfüllt oder die Wände hier ganz zusammengepresst. Vergrösserung ziemlich stark.

[1]) Es scheint jedoch auch nicht ausgeschlossen, dass dieser stärker brechende Antheil der Luftblasen dadurch entsteht, dass die Blasenwände hier völlig aufeinandergepresst sind. Vergl. auf folg. Seite.

der durch die allmähliche Erhärtung der Gelatine hervorgerufen werden kann, die Absorption der Luft begünstigen; dagegen kann das Schwinden der Blasen nicht auf einer Zusammenpressung durch diesen Druck beruhen, da sie dabei gerade die entgegengesetzten polariskopischen Eigenschaften erlangen müssten, wie wir gleich sehen werden.

Die Verfolgung des fraglichen Präparats während mehrerer Tage zeigte, dass auch hie und da Bläschen auftreten können, deren Kontur ganz schön kreisrund erhalten ist und die nach ihren Lichtbrechungsverhältnissen mit Flüssigkeit gefüllt oder ganz zusammengepresst sein müssen; sie zeigten das Kreuz ganz vortrefflich (s. Textfig. 50). Endlich war auch an manchen Stellen, speziell da, wo am Rande Luft zwischen Deckglas und Objektträger getreten und die Gelatine daher zu einer dünnen Schicht ausgetrocknet war, jede Spur der ursprünglichen Luftblasen geschwunden, jedoch ihr ehemaliges Vorhandensein noch deutlich nachzuweisen, indem diese Stellen, welche sich bei Betrachtung in gewöhnlichem Licht durch nichts auszeichneten, im polarisirten ein sehr schönes Kreuz darboten.

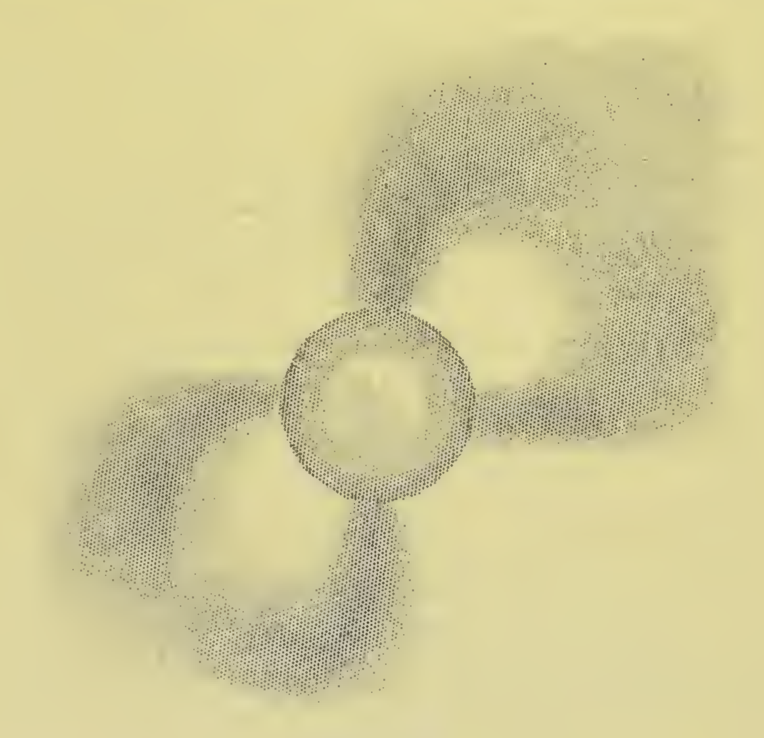


Fig. 50.

Ehemalige Luftblasen in Gelatine zwischen Objektträger und Deckglas, etwa 24 h. nach Anfertigung des Präparats. Nach den Brechungsverhältnissen zu urtheilen, wurde die Luft durch Flüssigkeit ersetzt oder die Wände ganz zusammengepresst. Zwischen gekreuzten Nicols. Vergrösserung mässig.

In späteren Stadien der Eintrocknung zeigte das gleiche Präparat noch fortschreitendes Schwinden zahlreicher Blasen, doch geschah dies nun in etwas anderer Weise. In den Blasen trat nämlich, wie die nebenstehenden Textfiguren 51 1—3 zeigen, ein bei tiefer Einstellung dunkles, bei hoher helles konzentrisches Mittelfeld auf, während ein randlicher Ring die frühere Lichtbrechung bewahrte. Hieraus folgt jedenfalls, dass diese Umgestaltung auf einem Zusammensinken der oberen und unteren Blasenwand, unter gleichzeitiger Absorption der Luft, beruht. Das Mittelfeld rührt daher, dass sich in seinem Bereich die beiden Blasenwände bis zur Berührung genähert haben, weshalb seine Lichtbrechung dieselbe geworden ist wie die der Gelatine, während in dem peripherischen Ring Luft erhalten blieb. Die Richtigkeit dieser Deutung ergiebt sich aus den weiteren Fortschritten im Schwinden solcher Blasen, wobei der Ring gewöhnlich an einer oder zwei Stellen unterbrochen wird, so dass als Rest der Blase ein bis zwei lufterfüllte Halbmonde verbleiben, wie die Textfig. 51, 2—3 zeigen. Auch dieser Vorgang führt häufig zu völligem Schwinden der Blasen.

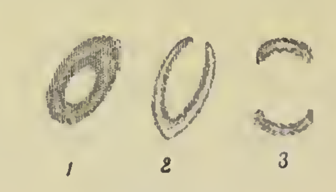


Fig. 51.

Ehemalige Luftbläschen in Gelatine, die zwischen Objektträger und Deckglas eingetrocknet wurde. Schwinden der Bläschen unter Einsinken der Blasenwände. Drei verschiedene Stadien. Vergr. ziemlich stark.

Oben wurde erwähnt, dass an gewissen Stellen solcher Präparate, besonders des Randes, auch Blasen auftreten, welche sich polariskopisch gerade entgegengesetzt verhalten, d. h. wie negative Sphärokrystalle. Die vermuthete Erklärung hierfür hat sich bei genauerer Verfolgung als richtig erwiesen. Derartige Blasen entstehen nämlich dadurch, dass die umgebende Gelatine relativ rasch eintrocknet, ohne dass eine merkliche Absorption der Luft eintritt. Dabei findet die Gelatine an der Luftblase einen Widerstand in ihrem Zusammenziehungsbestreben, in Folge dessen sie tangential zur Oberfläche der Blase gedehnt wird, sich also polariskopisch gerade umgekehrt verhält wie bei den ersterwähnten Blasen. Diese Luftblasen verhalten sich demnach, wie die von Ebner (1882, p. 29) in eingetrockneten Membranen von „Gelatine, Stärkekleister, Gummi arabicum etc." beobachteten, welche sämmtlich sog. negative Kreuze gaben. Dagegen fand H. Behrens (1871) um Luftblasen in Bernstein und Dextrin ein positives Kreuz und um ovale ein hyperbolisches dunkles Büschel, wie wir es oben Textfig. 50 ebenfalls bemerkt haben, wenn auch nicht direkt abhängig von einer Ovalgestalt der Einschlüsse; die Erscheinungen um die von Behrens beobachteten Luftblasen dürften daher wahrscheinlich dieselben Ursachen haben, welche wir oben für die sich entsprechend verhaltenden der Gelatine darzulegen versuchten. Um Fremdkörper in Bernstein und Dextrin beobachtete Behrens dagegen stets ein negatives Kreuz, was mit meinen Erfahrungen an Gelatine gut übereinstimmt.

Die Richtigkeit der für die negativen Luftblasen gegebenen Erklärung wird dadurch erwiesen, dass alle Blasen einer Gelatineschicht, die auf dem Objektträger frei und daher rasch eingetrocknet wurde, diese Eigenschaften erlangten, soweit wenigstens unterscheidbare Polarisation entstand. Um mittelgrosse und ansehnlichere Blasen wird die Polarisation sehr kräftig, aber bei völliger Austrocknung wieder etwas schwächer. Anzeichen von Absorption der Blasenluft liessen sich dabei nicht bemerken; erst nach 8—14 Tagen trat an kleinen Bläschen hie und da ein helles Mittelfeld auf, wie es p. 163 geschildert wurde, so dass auch unter diesen Umständen Absorption in geringem Maasse möglich erscheint; doch könnte die Erscheinung in diesem Fall vielleicht nur durch Zusammenpressung der Luft der kleinen Bläschen hervorgerufen sein. Wie zu erwarten, tritt die negative Polarisation in gleich schöner Weise auch um feste Körper auf, welche der Gelatine eingelagert sind und bestätigt die obige Deutung.

Es wurde schon hervorgehoben, dass bei Gerinnungspräparaten meist nur um kleinere Bläschen Strahlung auftritt. Die grösseren und grossen Blasen zeigen davon in der Regel nichts; sie verhalten sich auch polariskopisch meist deutlich negativ und stimmen demnach mit den letzterwähnten Blasen in rasch eingetrockneter Gelatine überein. Die Erklärung hierfür scheint nicht schwierig. Die grösseren Blasen, welche die Gelatineschicht fast ganz durchsetzen oder gar über ihre Oberfläche etwas vorspringen, sind nur durch eine sehr dünne Gelatinehaut nach aussen abgeschlossen. Bei grösseren vorspringenden Blasen ist diese Haut sogar häufig mit einer regelmässigen kreisrunden Oeffnung der Kuppe versehen, oder auch eckig aufgeplatzt, d. h., die Blasen wurden während des Erstarrens der Gelatine oder auch erst nachher gesprengt. Aus dem Bemerkten geht hervor, dass die Verdunstung und Eintrocknung der Gelatine in der Umgebung solcher Blasen

besonders energisch sein muss. Dabei muss aber die eintrocknende Gelatine, welche die Blasen begrenzt, tangential zu deren Oberfläche gedehnt werden und zwar sowohl, wenn die Blasen geöffnet, als wenn sie geschlossen sind. Dem Verkleinerungsstreben der an die Blase grenzenden Gelatine wirkt nämlich der Widerstand der noch nicht eingetrockneten übrigen Gelatine entgegen, bei geschlossenen Blasen auch der Widerstand der Blasenluft, in Folge dessen eine tangentiale Dehnung im Umkreis der Blase nothwendig eintreten muss.

Ebenso nun, wie die Zugwirkung der sich verkleinernden Luftblase eine bestimmte Strukturumformung in der Umgebung hervorbringt, muss erwartet werden, dass auch die im Umkreis der letzterwähnten Blasen auftretende tangentiale Dehnung sich durch besondere Struktureigenthümlichkeiten zu erkennen giebt. Das ist auch wirklich der Fall, wie die genauere Untersuchung lehrt. Die an die Luftblase grenzende Gelatineschicht wird zunächst stets gebildet von einem relativ sehr dichten und daher bei tiefer Einstellung stark dunklen Grenzsaum, welcher den Alveolarsaum gegen die Luftblase abgrenzt. Es ist dies der pellicula-artige Grenzsaum, der bei Schäumen und schaumig geronnenen Substanzen stets an freien Oberflächen vorhanden und der, wie die Beurtheilung sicher lehrt, kein optisches Phänomen, sondern eine reale Erscheinung ist, deren Erklärung zwar gewisse Schwierigkeiten bereitet. Darauf folgt der regelmässige Alveolarsaum und dann die unregelmässig wabige Gelatine. Bei den Blasen nun, an welchen aus den oben angegebenen Gründen eine tangentiale Dehnung der angrenzenden Gelatine eingetreten ist, spricht sich dies bei schwächerer Wirkung darin aus, dass die auf den Alveolarsaum folgende Zone bis zu geringerer oder grösserer Tiefe mehr oder weniger deutlich parallelfaserig zur Oberfläche geworden ist. Bei stärkerer Wirkung kommt es zur Entwickelung einer schmäleren bis breiteren, anscheinend homogenen, strukturlosen Zone um die Blase, auf welche dann eine konzentrisch-faserige folgt, die in die gewöhnliche unregelmässige Schaumstruktur übergeht (ähnlich Fig. 5, Tafel 2). Die homogene Zone zeigt hie und da Andeutungen von zarter Schichtung und zuweilen an der inneren Grenze auch noch Spuren des Alveolarsaumes. Die Entstehung der homogenen Zone ist nicht schwer zu begreifen; sie hat im Prinzip zweifellos denselben Ursprung wie der homogene Hof im Centrum der Strahlungen; er ist darin zu suchen, dass wegen der starken tangentialen Dehnung die Struktur dieser Zone undeutlich geworden ist wie die des Centralhofes. Für die Richtigkeit dieser Auffassung sprechen die sehr allmählichen Uebergangsstadien, welche man zwischen der homogenen Zone und der umgebenden konzentrisch-faserigen findet. Ferner ist die Zone auch dichter als die umgebende Gelatine, was ihre Brechungsverhältnisse und ihre stärkere Tingirung durch Anilinfarben erweisen

Wenn wir nach diesen, zum Verständniss des Verhaltens und Wirkens der Luftblasen in der Gelatinegallerte nicht unnöthigen Darlegungen wieder zum Ausgangspunkt unserer Betrachtung, d. h. der Frage nach dem Entstehen der Strahlung um die Blasen zurückkehren, so dürfte meines Erachtens aus den mitgetheilten Erfahrungen Folgendes zu entnehmen sein. Wenngleich durch die Zusammenziehung der Blasen bei der Abkühlung eine schwache Strahlung wohl sicher hervorgerufen wird, so spricht doch viel dafür, dass der Hauptantheil dabei einer, wenn auch mässigen Absorption der Blasenluft zukommt. Dass es sich

nur um eine geringfügige Absorption handelt, schliesse ich daraus, dass ich an den Blasen mit schöner Strahlung fast nie stärkere Deformationen gesehen habe. Nur ein auffallendes Verhalten wurde an den aufgehellten Präparaten recht häufig gesehen, während es früher an den in Wasser untersuchten nie beobachtet wurde, wohl wegen deren grösserer Undurchsichtigkeit. In diesen Präparaten finden sich nämlich fast stets ziemlich zahlreiche kleine Blasen mit starker Strahlung, die eine hantelförmige Gestalt angenommen haben und welche ferner fast immer so orientirt sind, dass die Hantel senkrecht zur Fläche des Deckglases steht. Nur sehr vereinzelt sah ich gelegentlich eines dieser Bläschen schief oder horizontal liegen, was für die sichere Erkennung ihrer Gestalt wichtig war. Mir scheint nun, dass die eigenthümliche Form dieser Blasen sehr für eine theilweise Absorption der Luft spricht [1]).

Wenn diese Betrachtungen zutreffen, so dürfte damit auch bis zu gewissem Grade aufgeklärt sein, warum den Versuchen zur Erzeugung solcher Strahlungen seither immer etwas Unsicheres und Unberechenbares anhaftete, da eben der Antheil, welcher der Absorption vermuthlich zukommt, nicht in Rechnung gezogen wurde.

Gewisse Erwägungen über die möglichen Kräfte, welche bei der Bildung der karyokinetischen Figur im Protoplasma, nach Analogie mit den geschilderten künstlichen Figuren wirksam sein könnten, führten zu Versuchen über die Erzeugung der Strahlung auf anderer Grundlage. Hierüber möge im Nachfolgenden das Wichtigste berichtet werden. Zunächst galt es zu untersuchen, ob nicht etwa auch um ganz indifferente Körperchen Strahlungserscheinungen auftreten. Zur Prüfung dieser Frage wurden der Gelatine feine Partikelchen von pulverisirtem blauem Glas beigemischt; doch zeigte sich nach der Gerinnung keinerlei Strahlung um eines der Glasstückchen. — Versuche mit Partikelchen von gebranntem Alabaster (schwefelsaurem Kalk) dagegen ergaben kenntliche Strahlungen um manche Partikel, obgleich die Gerinnung der betreffenden Präparate nicht sehr gut ausfiel. — Viel besser wirkten dagegen Partikel von getrocknetem geronnenem Hühnereiweiss, welche der flüssigen Gelatine beigemischt worden waren. Vor der Gerinnung wurden die erstarrten Präparate einige Stunden, vor Verdunstung geschützt, aufbewahrt. In solchen Präparaten, die gleichzeitig eine sehr schöne feine Gerinnungsstruktur zeigten, war die Strahlung um fast alle Eiweisspartikel (besonders die grösseren) sehr gut ausgeprägt (s. Photographie Taf. 2, Fig. 2—3). Auch zeigten sich zwischen genäherten Partikeln ganz bestimmte Andeutungen der Spindelfigur (s. besonders Photographie 3 Taf. 2), wenn auch bei weitem nicht so deutlich als zwischen Luftblasen. Die Eiweissstückchen waren verhältnissmässig sehr wenig gequollen.

Keinerlei Strahlung fand sich dagegen um Stärkekörner, die bei 65° in die geschmolzene Gelatine eingeschlossen worden waren, auch nicht in Präparaten, welche hierauf nochmals über dem Wasserbad erhitzt wurden. Die Stärkekörner (Arow-root) waren zum Theil fast nicht, zum Theil mehr oder weniger gequollen.

Dagegen waren nach dem Gerinnen der Gelatine viele Körner in einer mehr oder weniger ansehnlichen Vakuole eingeschlossen. Manchen Körnern hingen auch

[1]) Siehe am Schluss dieses Abschnittes eine Zurückweisung der von Meves gegen die im Obigen vorgetragene Erklärung des Entstehens der Spindelfigur erhobenen Einwände.

1—2 Vakuolen seitlich an. Die Beobachtung zeigte, dass diese Vakuolen erst bei Einwirkung der Chromsäure entstehen, und wir werden gleich ähnliches bei Versuchen mit Oel zu besprechen haben.

Strahlungserscheinungen, welche ganz jenen um die Luftblasen entsprechen, wurden auch durch Beimischung von kleinen Leberthran-Tröpfchen zur flüssigen Gelatine und darauf folgende Gerinnung erhalten. Die Photographien Taf. 1 Fig. 10 u. Taf. 2 Fig. 4 zeigen dies gut; letztere Photographien auch die Andeutung einer Spindelfigur zwischen zwei benachbarten Oeltropfen und dieselbe thränenförmige Umgestaltung der Tropfen, wie wir sie an den Luftblasen beobachteten. Hier kann die Erscheinung wohl nur auf der Zusammenziehung der Oeltropfen beruhen. Da diese nun unter entsprechenden Verhältnissen viel geringfügiger ist als die der Luftblasen, so ist natürlich auch die Strahlung viel schwächer entwickelt wie bei Luftblasen. Es schien mir interessant, ein gerade zur Hand befindliches Oel (Mandelöl), das ca. 4% ölsaures Kali aufgelöst enthielt, in ähnlicher Weise zu prüfen. Ein solches Oel besitzt aus Gründen, welche ich früher (1892 p. 22) erörtert habe, die Eigenschaft, in Wasser oder wässerigen Flüssigkeiten sehr rasch schaumig zu werden, unter gleichzeitiger Volumzunahme. Nach der Gerinnung solcher Präparate zeigte sich, dass eigenthümlicher Weise um die Mehrzahl der Oeltropfen sehr ansehnliche, von wässeriger Flüssigkeit erfüllte Vakuolen gebildet waren, deren Wand der schaumig gewordene Oeltropfen anhing (s. Fig. 5 Taf. 2). Die Entstehung dieser Vakuolen ist mir ebensowenig hinreichend klar geworden, wie der ähnlichen um die in Gelatine eingeschlossenen Stärkekörner. Soweit eine Vermuthung geäussert werden kann, scheint vielleicht folgender Bildungsgang eine gewisse Wahrscheinlichkeit zu haben. Jedenfalls muss es zunächst auf der Grenze zwischen Oeltropfen und Gelatine zur Lösung der Adhäsion kommen, ein Umstand, der bei den oben geschilderten Leberthrantröpfchen nicht eintrat. Dies spricht dafür, dass in den vorliegenden und ähnlichen Fällen bei der Berührung der Chromsäurelösung mit der Oberfläche der Oeltröpfchen eine chemische Wirkung eintritt, welche ja auch in diesem Fall sehr nahe liegt, da das Oel reich an Kaliseife war. Wird nun hierbei eine osmotisch wirksame Substanz gebildet, so ist erklärlich, dass eine Vakuolenbildung im Umkreis des Oeltröpfchens auftritt. Dass nämlich die Vakuolen unter Anschwellung gebildet werden und nicht etwa dadurch entstehen, dass die Oeltröpfchen sich verkleinern, ohne dass die umgebende Gelatine folgt, ergiebt sich sicher aus der Struktur der Gelatine in der Umgebung der Vakuolen. Dabei ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass unter der Einwirkung der Chromsäure auch eine gewisse Verkleinerung der schaumig gewordenen Oeltröpfchen eintreten mag. Die Strukturänderung der Gelatine in der nächsten Umgebung der Vakuolen besteht darin, dass die Vakuole zunächst von einer ziemlich dicken, hellen membranartigen Schicht umgeben wird, die nach aussen in die feinschaumig strukturirte Gelatine übergeht. Letzere ist ferner bis zu einer gewissen Tiefe mehr oder weniger deutlich faserig strukturirt, wobei der Faserverlauf parallel der Oberfläche der Vakuole gerichtet ist. Die Photographie Taf. 2 Fig. 5 giebt von diesen Verhältnissen ein ziemlich genügendes Bild, abgesehen davon, dass die Vergrösserung etwas zu gering ist.

In dieser Strukturmodifikation der Gelatine haben wir nun sicher ein Bild der

Verhältnisse, die entstehen müssen, wenn umgekehrt, wie bei der Erzeugung der Strahlung, die Anschwellung eines Tropfens in der feinschaumig strukturirten Gallerte stattfindet, wobei letztere in centrifugaler Richtung zusammengepresst und dabei natürlich auch in tangentialer gedehnt wird. In Folge davon muss nothwendigerweise eine solch' parallelfaserige Modifikation des Schaumwerks der Gallerte auftreten. Es ist ferner erklärlich, dass die parallelfaserige Struktur in der nächsten Umgebung der Vakuole, wo die Wirkung die kräftigste sein muss, in eine anscheinend homogene Schicht übergeht; in gleicher Weise wie in den hellen Höfen der Strahlungsfiguren ist nämlich die Struktur hier auf's äusserste verfeinert und daher nicht mehr sichtbar.

Auch die Vakuolen, welche sich, wie vorhin erwähnt, um eingelagerte Stärkekörner bilden, zeigen in der Regel die homogene Zone mit Andeutung von Schichten, und um diese die konzentrisch-faserige. Wie zu erwarten, liess sich auch konstatiren, dass die Umgebung der Vakuolen schwach negativ polarisirt. — Aus unserer Schilderung geht hervor, dass die Erscheinungen im Umkreis dieser Vakuolen ganz die gleichen sind, wie sie um grössere Luftblasen oben gefunden wurden, obgleich ihre Entstehungsursache eine gerade entgegengesetzte ist. Im früheren Fall waren sie zurückzuführen auf behinderte Eintrocknung, im vorliegenden dagegen auf Zusammenpressung der Gelatine durch eine anschwellende Vakuole.

Verschiedene Versuche, welche ich anstellte, um durch Beimischung von Substanzpartikelchen, die in Wasser schwach löslich sind, wie Salicylsäure etc., Vakuolenbildung in der erstarrten Gelatine bei der Quellung hervorzurufen, ergaben kein Resultat.

Ich beabsichtigte ursprünglich, in diesem Abschnitt eine genauere Vergleichung der vorstehend beschriebenen Spindel- und Strahlenfiguren der geronnenen Gelatine mit der sogen. karyokinetischen Figur der Zelle durchzuführen. Die geradezu frappanten Uebereinstimmungen beider Figuren dürften ja jedem Unbefangenen einleuchten, auch ohne dass ich darüber viel Worte verliere. Aus den sehr mangelhaften Abbildungen, welche meine vorläufige Mittheilung (1892) über diese Figuren enthielt, war dies schwierig richtig zu verstehen; dagegen musste schon die von Verworn in seiner „Allgemeinen Physiologie" (I. Aufl. 1895, p. 513, Fig. 2) veröffentlichte Reproduktion einer meiner Photographien eine bessere Vorstellung von der behaupteten grossen Uebereinstimmung geben. Aus dem angegebenen Grunde lässt es sich in gewissem Grade entschuldigen, dass die meisten Cytologen diesen Erfahrungen wenig Beachtung schenkten, und sich der von Flemming ausgegebenen Parole[1]) anschlossen, dass der „Inhalt meiner Mittheilung eher in die Physik als in die Zellenlehre falle" (p. 113). Dies gelte, wie Flemming bei dieser Gelegenheit, erweiternd und belehrend, zufügt, auch „für den Anfangstheil" meines Werkes über das Protoplasma. Wahrlich ein seltsamer Ausspruch, welcher ein sonderbares Licht auf die Vorstellungen wirft, denen sein Urheber hinsichtlich der Vorgänge in der Zelle zu huldigen scheint; denn hiernach scheint es ja, dass er dieselben als wesentlich unabhängig von physikalischen Kräften und Gesetzen erachtet. Unter diesen Umständen ist es begreiflich, dass er später (Bericht über die Zelle für 1895/96, ibid. Bd. V. 1896), wo er gerade umgekehrt, sich auf physikalische Gesetze stützend, die ihm unbequemen Anschauungen über die flüssige Natur des Plasmas bestreitet, zu folgendem denkwürdigem Ausspruch gelangt (p. 251): „Wenn man die Strömungen in einer Pflanzenzelle, oder in Rhizopodenstrahlen, oder die Plasmabewegung in einem Leukocyten beobachtet, so findet man bekanntlich, dass die Stromrichtung der eingeschlossenen Körnchen bald horizontal, bald abwärts, bald aufwärts gerichtet ist. Wenn eine Substanz, die bergauf ‚strömen' kann, eine Flüssigkeit genannt werden soll, so müsste doch ein Physiker, wie mir scheint, dazu den Kopf schütteln; und ich sehe nicht ein, weshalb man physikalische Ausdrücke anwenden soll, wo sie nicht zutreffen und wo sie auch nicht besonders nützen."

[1]) s. dessen Bericht über die Zelle für 1892—94 in Ergebnisse der Anat. u. Entwicklungsgesch. 1893.

Ein Physiker wird gewiss beim Lesen dieser Sätze den Kopf schütteln, jedoch nicht über die Anschauungen, welche der Autor zu bekämpfen sucht, sondern über die von ihm vorgetragenen. Wer, wie Flemming, als Ursache von Strömungsvorgängen in Flüssigkeiten nur eine einzige kennt, nämlich die Schwere, der vermag sich begreiflicherweise nicht vorzustellen, dass Flüssigkeiten auch der Richtung der Schwere entgegenströmen können. Da es nun aber ausser der Schwere noch gar viele Ursachen giebt, welche Strömungen in Flüssigkeiten hervorzurufen vermögen, so beweist dieser Ausspruch nur, dass sein Urheber von ihnen nichts weiss, jedoch nichts gegen die Flüssigkeit des Plasmas. Was aber in dem citirten Ausspruch noch weit seltsamer berührt, ist die Schlussverwahrung gegen die Anwendung physikalischer Ausdrücke für die Charakterisirung der Beschaffenheit des Plasmas. Bei der Untersuchung von Naturkörpern, wie sie Zellen und Zellbestandtheile doch sind, will Flemming physikalische Ausdrücke vermeiden, d. h., soweit ich dies zu verstehen vermag, auf jede Untersuchung über ihre physikalischen Eigenschaften verzichten; denn anders dürfte doch wohl kein Sinn in diesen Passus hineingebracht werden können. Wie unmöglich jedoch ein solches Beginnen ist, beweist Flemming sofort selbst, da er in den folgenden Sätzen zufügt: „Die Zellsubstanz ist, von wenigen Fällen abgesehen, gewiss nicht fest, sondern weich bis sehr weich in verschiedenem Grade; sie gestattet eine Verschiebbarkeit ihrer Theilchen und gröberen Inhaltskörper in verschiedenem Maasse, sie hat sonach wesentliche Eigenschaften mit einer Flüssigkeit gemein.“ Sollte nun Flemming der Meinung sein, dass die von ihm gebrauchten Ausdrücke „weich“ und „fest“, sowie der Begriff „Verschiebbarkeit der Theilchen“ keine physikalischen sind? Jeder Physiker wird ihm auf Befragen wohl antworten, dass seine (Flemming's) eigene Schilderung oder Definition der Eigenschaften des Plasmas eben die Definition einer zähflüssigen bis sehr zähflüssigen Substanz ist.

In dieser prinzipiellen Abneigung Flemming's gegen jeden Versuch des physikalischen Verständnisses der Eigenschaften des Plasmas und der sich in ihm abspielenden Vorgänge finden wir auch die Erklärung für die offenbare Geringschätzung, welche Flemming namentlich anfänglich meinen Bemühungen zur Aufklärung gewisser physikalischer Eigenschaften dieser Substanz entgegenbrachte. In seinem Bericht über die Zelle für die Jahre 1892/94 widmet er dem Thatsacheninhalt meines Buches über das Protoplasma nicht eine ganze Seite, während sonst die geringfügigsten Detailbeobachtungen von ephemerer Bedeutung sorgfältigst registrirt werden. Ja über den gesammten physikalischen einleitenden Theil, welcher die nothwendige Begründung meiner Deutung der Plasmastrukturen enthält, wird überhaupt kein Wort mitgetheilt, denn diese Dinge „habe er nicht zu berühren, wo es sich um Strukturverhältnisse der Zelle handelt, denn das Verhalten derartiger todter und nicht organisirter Substanzen könnte wohl für die Beurtheilung von Zellstrukturen erst in Betracht kommen, wenn durchgehend analoge Verhältnisse solcher Schaum- oder Wabenstrukturen bei den letzteren wirklich als allgemein bestehend nachgewiesen werden“. Wichtige Dinge, wie Alveolarsaum, Strahlungen und vieles andere, die gerade für die Beurtheilung, ob Schaum- oder Netz- resp. Fadenwerk, entscheidend sind, werden mit keinem Worte nur erwähnt. Jedenfalls erhält man aus diesem sog. Referat schwerlich den Eindruck, dass meine Lehre „mit so bewundernswerther Arbeit“ gestützt ist, wie Flemming in dem späteren Referat für 1895/96 p. 250 bemerkt.

Wenn der Meister so geringschätzig über die Bemühungen zur physikalischen Aufklärung von Zellstrukturen und Zellvorgängen urtheilt, so ist begreiflich, dass der Schüler dieselben nicht günstiger anschauen wird. Fr. Meves hat in seinem jüngst erschienenen Bericht über „Zelltheilung (f. d. J. 1896/97, in Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgesch. Bd 6. 1897)“ meine und Rhumbler's Ansichten und Vermuthungen über die dabei wirksamen Kräfte kritisirt und sich bei dieser Gelegenheit natürlich auch über die von mir dargestellten und im Vorhergehenden ausführlich besprochenen, künstlichen karyokinetischen Figuren geäussert (p. 367 u. p. 371—372).

Das erste, was dabei auffällt, ist, dass der Kritiker sich wiederum nicht einmal die Mühe gegeben hat, den vorläufigen Bericht (1892), worin ich die Figuren beschrieb, mit einiger Aufmerksamkeit zu lesen. Wie schon Flemming in seinem Bericht für 1892/93 p. 114 unrichtig mittheilt, dass ich die Figuren in Gelatineölemulsion beobachtet hätte, so wiederholt Meves dieselbe Unrichtigkeit auf p. 367. Dass die Figuren in geronnener Gelatine beobachtet wurden, ist beiden Kritikern unbekannt geblieben. Auch dies mag wohl mit der Geringschätzung zusammenhängen, welche sie dergleichen Versuchen von vornherein entgegenbringen; so dass sie es nicht einmal nöthig erachten, die kritisirten Mittheilungen sich genau anzusehen [1]).

---

1) Da diese falschen Berichte beider Autoren auffallend genug sind, habe ich meine Mittheilung von 1892 noch einmal durchgesehen. Es wird darin ganz klar und zweifellos hervorgehoben, dass die Figuren um Luftblasen in geronnener Gelatinegallerte auftreten, nicht jedoch in Gelatineölemulsion.

Meves ist nun, wie es scheint, zunächst etwas zweifelhaft, ob ich überhaupt Spindelfiguren in der Gelatine beobachtet habe. Er schreibt nämlich p. 372: „wenn Bütschli thatsächlich, wie er beschreibt, Spindelfiguren beobachtet hat, welche in warm aufgestrichenen Gelatineölschäumen (!) zwischen zwei gleich grossen Luftblasen beim Erkalten auftreten".

Ich weiss nicht, ob Meves die frühere Litteratur über Zelltheilung soweit gelesen hat, dass ihm bekannt ist, dass ich im Jahre 1876 eine grössere Arbeit über Zelltheilung etc. veröffentlichte, in welcher ich die von mir zuerst entdeckte Spindelbildung und karyokinetische Figur eingehender beschrieb (nur A. Schneider hatte schon 1873 Zusammenhängendes von der Kerntheilung gesehen, was mir erst nach Abschluss meiner Untersuchungen bekannt wurde, jedoch nur die Chromosomen, nicht aber die Spindel beobachtet). Unter diesen Umständen darf man mir doch wohl zutrauen, dass ich fähig bin, eine Spindelfigur als solche zu erkennen und Zweifel, wie sie Meves äussert, können höchstens die Unerfahrenheit und das hohe Selbstbewusstsein des Kritikers anzeigen. Vielleicht hat aber Meves gelegentlich auch einmal die Figuren in „Gelatineölemulsionen" zu sehen versucht und dies ist ihm nicht geglückt, was ja nach dem oben Bemerkten nur zu begreiflich wäre.

Meves ist nun der Meinung, dass die von mir gemachte Voraussetzung, dass von den beiden Luftblasen Zugwirkungen ausgehen, unmöglich eine Spindelfigur hervorrufen könnte. Wenn eine solche also „thatsächlich" vorkomme, „so müsse diese Erscheinung in anderer Weise als durch einen allseitig zum Centrum gerichteten Zug erklärt werden". In gleicher Weise gelte dies auch für die von mir versuchte Erklärung der Spindelfigur in der Zelle, da ich ebenfalls gleiche Zugwirkungen an den Polen annähme. Diesem Einwand kann man zunächst die thatsächlichen, in diesem Kapitel niedergelegten Erfahrungen entgegenstellen, die Meves ausser Stand sein dürfte, anders zu deuten.

Meves stützt seinen Widerspruch auf die bekannten physikalischen Erfahrungen über die sog. Kraftlinien, d. h. die Linien gleicher Potentiale, welche unter dem Einfluss zweier gleichnamiger anziehender oder abstossender Kräfte, die von zwei Punkten ausgehen, entstehen. Diese Kraftlinien kann man sich bekanntlich durch zwei gleichnamige Magnetpole, welche auf feine, auf einer Platte befindliche Eisentheilchen wirken, objektiv zur Anschauung bringen, oder auch durch andere Kräfte, die auf feine, in einem flüssigen Medium suspendirte Theilchen wirken. Dass sich in diesen Fällen Kraftlinien bilden, welche den von Meves (s. s. Figur auf p. 372) gezeichneten Verlauf besitzen und von der Spindelfigur grundverschieden sind, ist bekannt. Dagegen kommen Kraftlinien, welche der Spindelfigur sammt der Polstrahlung im Prinzip entsprechen, unter den oben gegebenen Bedingungen bekanntlich zu Stande, wenn die an den beiden Punkten wirkenden Kräfte ungleichnamige sind, also die eine abstossend, die andere anziehend.

Lägen daher die Verhältnisse, unter welchen die oben von mir beschriebenen Figuren in der geronnenen Gelatine und die entsprechenden Spindelfiguren in der Zelle entstehen, so, wie Meves anzunehmen geneigt ist, so wäre sein Einwand, der übrigens von Gallardo[1]) stammt, berechtigt. Thatsächlich liegen jedoch die Verhältnisse ganz anders.

Wie ich vorhin betonte, kommen die Kraftlinien zur Ausbildung, wenn sich frei in einer Flüssigkeit suspendirte Theilchen unter dem Einflusse der genannten Kräfte anordnen. Im gegebenen besonderen Fall, wie er bei der objektiven Darstellung solcher Kraftlinien vorliegt, ist zwar die Erklärung doch wohl nicht so einfach, wie es in den Lehrbüchern der Physik für die theoretische Ableitung der Kraftlinien ausgeführt wird, an welche Darlegung sich dann gewöhnlich einfach die Bemerkung anschliesst, dass man diese theoretisch gefundenen Kraftlinien auch objektiv in gewisser Weise zur Anschauung bringen könne; ohne dass näher untersucht wird, wie die Umstände in diesen besonderen Fällen eigentlich liegen.

Bei der Entstehung der Spindel- und Strahlenfigur in der Gelatinegallerte handelt es sich aber keineswegs um eine Anordnung von frei in einer Flüssigkeit beweglichen, suspendirten Theilchen unter dem Einfluss von gleichen Zugkräften, die von zwei bestimmten Punkten ausgehen; hier liegt vielmehr ein System fester elastischer, schaumartig angeordneter Maschen oder zusammenhängender Lamellen vor, welches durch Zugkräfte, die gegen zwei innere Punkte centrirt sind, in der Anordnung und der Form seiner Maschen geändert wird. Dass in einem solchen System, unter dem Einfluss einer gegen einen inneren Punkt gerichteten radiären Zugwirkung eine Strahlung entsteht, beruht darauf, dass Widerstände vorhanden sind, welche sich dieser Zugwirkung entgegensetzen, so dass eine Anspannung des Maschenwerks in radiären Richtungen um das Centrum des Zuges eintritt. Diese Widerstände

---

[1]) s. Gallardo, A., Significado dinámico de las figuras cariocineticas y cellulares. Annales d. l. Sociedad cientifica Argentina T. 44 p. 44 (früheres ibid. T. 42 p. 5 ff. u. Ann. Museo nacion Buenos Ayres T. 5 p. 11–22).

ergeben sich ja aus der Befestigung der Gelatineschicht am Objektträger und es ist auch klar, dass die umgebende Masse als solche einem inneren Zug einen gewissen Widerstand entgegensetzt, da es sich ja um einen erstarrten Körper handelt, dessen Gestalt sich nicht ohne Widerstand verändern wird, wenn eine Lücke in seinem Inneren entsteht. Mit dem Auftreten der Zugkräfte um das Centrum werden daher in einem solchen System gleichzeitig auch entgegengesetzt wirkende, d. h. abstossende elastische Kräfte gegeben, und die entstehende Strahlenfigur entspricht dem Gleichgewichtszustand dieser sich entgegenwirkenden Kräfte. Hieraus folgt, dass auch die Spindelfigur, welche sich um zwei genäherte, derartig wirkende Centren ausbildet, nicht einfach das Resultat anziehender Kräfte ist, sondern dass an ihrer Entstehung anziehende und widerstehende oder abstossende Kräfte betheiligt sind. Jeder Punkt im Umkreis eines der Centralpunkte unterliegt anziehenden und abstossenden Kräften, die radial zu jedem der Centralpunkte gerichtet sind. Unter diesen Bedingungen scheint es mir nicht mehr unbegreiflich und auch nicht mit den Ergebnissen der Physik im Widerspruch zu stehen, dass sich eine Gleichgewichtsfigur in dem Schaumsystem entwickelt, welche den Kraftlinien gleicht, die sich bei Wirkung zweier ungleichnamiger Kräfte ergeben. Im Einzelnen bin ich zwar ausser Stand, dies theoretisch abzuleiten und bezweifle auch, ob es mathematisch möglich ist, die Umformung eines solchen Systemes unter der Wirkung gegebener Kräfte und Bedingungen theoretisch abzuleiten. Dagegen wird dies experimentell wohl ausführbar sein; ich habe nur bis jetzt nicht die Zeit gefunden, dies zu versuchen. Ich bin aber überzeugt, dass, ein derartiges Experiment das Gefundene bestätigen wird. Wenn man in Rücksicht zieht, dass, wie bemerkt, um jeden der Pole der Spindelfigur Zugkräfte und Widerstände wirksam sein müssen, so kann man auch zu der Vermuthung gelangen, dass möglicherweise in der Spindelfigur und der Strahlung nicht nur das System der Kraftlinien ungleichnamiger Pole, sondern gleichzeitig auch das entgegengesetzte gleichnamiger Pole vorhanden sein könne, von welchen das letztere vielleicht nur schwieriger wahrnehmbar ist, weshalb das erstere mehr imponire und daher gewöhnlich allein beobachtet werde. Auf meinen Photographien, welche ich daraufhin noch einmal genau betrachtete, kann ich mit Sicherheit nicht viel davon sehen, obgleich einige Andeutungen eines solchen, gleichnamigen Polen entsprechenden Liniensystems vorhanden zu sein scheinen. — Das Vorgetragene führt mich daher zu dem Schluss, dass der von Meves vorgebrachte Einwand gegen die Entstehung der geschilderten Spindelfigur in geronnener Gelatine hinfällig ist und dass dieselbe ihre Bedeutung für die Erklärung der karyokinetischen Figur der Zelle behält; denn bei zähflüssiger Beschaffenheit des Plasmas, und unter Berücksichtigung des Umstandes, dass ein Schaum, je feiner er ist, sich umsomehr der Natur fester Körper nähert, und bei gegebenem Widerstand der Umgebung und Oberfläche, muss unter den gleichen Bedingungen auch hier die gleiche Figur entstehen.

Gegen die Erklärung der karyokinetischen Figur durch anziehende Kräfte, welche von den Centrosomen ausgehen, bringt Meves schliesslich auch den schon von E. B. Wilson erhobenen Einwand vor, dass „es unter den Voraussetzungen, die Bütschli und Rhumbler machen, niemals zu einer Durchkreuzung der Strahlen kommen kann, wie wir sie bei so vielen Objekten während der Mitose beobachten". Ich habe diesen Einwand schon oben gegen Wilson zurückzuweisen gesucht; hier bemerke ich noch, dass gerade bei den von mir in der Gelatinegallerte dargestellten Figuren die Durchkreuzungen sicher sind, und dass es ebenso sicher ist, dass diese Figuren durch polare Zugkräfte entstehen. Wie ich schon hervorhob, lassen sich diese Figuren aber nicht einfach auf die Kraftlinienfigur suspendirter Theilchen zurückführen, da hier ein umgeformtes Schaumgerüst vorliegt, das viel komplizirtere Verhältnisse darbietet und das bei Dehnung, wie wir sahen, sofort einen kreuzstreifigen Charakter annimmt. Dass unter diesen Umständen solche Strahlenkreuzungen vorkommen, ist gewiss nichts Erstaunliches. Sie genau zu erklären, scheint mir vorerst noch unmöglich, da dazu eine ganz genaue Kenntniss der Anordnung und Form der Waben der Figur nothwendig wäre, die vielleicht gar nicht zu erreichen ist. Es scheint mir aussichtsvoller, diese Frage experimentell an makroskopischen, entsprechenden Kräften ausgesetzten elastischen Maschen- oder Netzgerüsten zu untersuchen.

b) Gerinnung der Gelatine in Alkohol.

Bringt man Deckgläser, die mit einer feinen Schicht Gelatinelösung bestrichen wurden (deren Gehalt nicht gar zu hoch, bis etwa 25 %), in absoluten Alkohol, so erhält man gleichfalls sehr gute und feine Schaumstrukturen, die in allen wesentlichen Punkten denjenigen entsprechen, welche mit Chromsäure hergestellt werden. Sie zeigen auch im Wesentlichen alle dort beschriebenen Modifikationen. Besonders deutlich wurde an solchen Präparaten die schon früher häufig betonte Verfeinerung

der Struktur und ihr endliches Schwinden an den äussersten und dünnsten Rändern der Gelatineschichten beobachtet; ebenso auch die regelmässige Einlagerung beigemischten Karmins in die Knotenpunkte des Wabenwerks.

Werden derartige Präparate aus absolutem Alkohol im Wärmeschrank (bei 54° C.) rasch getrocknet, so werden die dickeren Partien der Gelatineschicht schön weiss und gashaltig. Die dünneren Partien bleiben in der Regel glasig, zeigen jedoch die Struktur ziemlich gut.. Noch viel schöner und ganz gleichmässig erzielt man die Gaserfüllung, wenn man derartige Präparate in absolutem Alkohol zur Gerinnung bringt, darauf in Xylol überführt und endlich unter der Luftpumpe austrocknet.

Wurde eine nur 3%-Gelatinelösung auf die gleiche Weise in absoluten Alkohol gebracht, so erfolgte, vorausgesetzt, dass sie erstarrt war, was in diesem Fall lange Zeit (ca. 1½ Stunden) beansprucht, die gleiche feine Gerinnung. Eigenthümlich war, dass nicht selten hie und da gewisse Reihungen von Waben auftraten, die auch gröbere netzige Figuren formirten. Die Struktur schien im Allgemeinen nicht wesentlich gröber zu sein als bei Verwendung konzentrirterer Gelatinelösung; doch ist dies natürlich bei dergleichen feinen Strukturen sehr schwierig und meines Erachtens nur mittels Photographien, die bei gleicher und sehr starker Vergrösserung hergestellt sind, sicher zu beurtheilen. Solche fehlen mir jedoch.

Die Durchschnittsgrösse der Waben von zehnprozentiger, in Alkohol geronnener und hierauf in der angegebenen Weise ausgetrockneter gaserfüllter Gelatine ergiebt sich nach der Berechnung der auf Fig. 3 Taf. 21 abgebildeten, bei 3150facher Vergrösserung aufgenommenen Photographie fast identisch mit derjenigen der oben an Chromsäurepräparaten gefundenen, sie beträgt 0,7 μ. Dass nun die Wabengrösse, wie von vornherein wahrscheinlich, mit dem Wassergehalt der Gelatinegallerte zunimmt, dürfte auch ohne direkt hierauf gerichtete Versuche, aus der Erfahrung folgen, dass die Waben gegen den Rand der Gelatineschicht feiner und feiner werden, und der äusserste Saum schliesslich homogen erscheint. Der dünn auslaufende Rand muss naturgemäss bei der Erstarrung der Gelatineschicht stets am schnellsten eintrocknen, weshalb der Wassergehalt gegen den Rand successive abnehmen muss. Die angegebene Verfeinerung der Struktur gegen den Rand spricht demnach durchaus für die Verfeinerung der Struktur mit abnehmendem Wassergehalt der Gelatine[1]).

Eigenthümlicher Weise fanden sich in den Präparaten der 3%-Gelatinegallerte hie und da auch gröber strukturirte Stellen und sogar solche, die sicher nicht schaumig, sondern grobnetzig waren, welche sogar Unterbrechungen des Netzwerks aufwiesen und schliesslich in Stellen übergingen, wo sich die Struktur ganz in fädige und körnige Partien auflöste. — Die Erscheinung erinnert daher durchaus an die oben beschriebenen mangelhaften Gerinnungen durch zu starke oder zu heisse Chromsäurelösungen. — Da man dem absoluten oder starken Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur keine lösende Wirkung auf die Gelatinegallerte zuschreiben darf, diese Erscheinungen also nicht wie bei der Chromsäure auf eine lösende Wirkung, unter

[1]) Dass jedoch hierbei auch noch andere Ursachen betheiligt sind, wurde schon früher p. 41 dargelegt.

theilweiser Zerstörung der ursprünglichen Struktur, zurückgeführt werden können, so halte ich einstweilen nur die Deutung für möglich, dass es sich um Stellen handelte, die vor der Gerinnung noch nicht völlig erstarrt waren. Wie schon oben hervorgehoben wurde, erstarren solch' dünne Lösungen sehr langsam, sie zeigen die Erscheinungen der Ueberschmelzung in sehr hohem Grade; weshalb es wohl möglich ist, dass auch in scheinbar völlig erstarrter Gallerte innerlich noch flüssige Partien vorkommen, die zur Entstehung solch' grober und theilweise zerstörter Strukturen Veranlassung geben, wie sie auch früher (p. 55) bei der nicht erstarrenden β-Gelatine schon beschrieben wurden.

An den mit Alkohol hergestellten Gerinnungsschäumen konzentrirterer Gelatinegallerte, die mit fein vertheiltem Karmin versetzt war, habe ich noch folgenden, in mancher Hinsicht interessanten Versuch ausgeführt. — Nachdem das Deckglas eines derartigen, in absolutem Alkohol befindlichen Präparats durch Paraffinverschluss festgelegt worden war, wurde eine charakteristisch strukturirte Stelle aufgesucht und dieselbe bei 450facher Vergrösserung photographirt. Fig. 7a Taf. 2 zeigt die Stelle. Die Struktur ist ausgezeichnet durch theilweise Reihung der Waben und hat daher stellenweise einen etwas faserigen Charakter. Die Einstellung ist nur in der unteren und linken Hälfte ganz richtig tief, nach oben und rechts wird sie höher, so dass die Waben hier grossentheils als dunkle Punkte erscheinen und der Charakter des falschen Netzbildes hervortritt. Hierauf wurde der Paraffinverschluss an zwei entgegengesetzten Stellen des Randes gelöst, ohne das Präparat zu verschieben, und dann der Alkohol durch Wasser verdrängt. Dabei schwand die Struktur sofort fast ganz; nur die höchsten Partien der Gelatineschicht, die dem Deckglas ansassen, zeigten noch ganz blasse Andeutungen, welche jedoch Niemand, der nicht das frühere Bild gesehen hatte, für eine Struktur gehalten hätte. Natürlich traten nun die Karminkörnchen viel schärfer und klarer hervor als früher. Photographie Fig. 7b Taf. 2 zeigt das Bild der Stelle in diesem Zustand und lässt wesentlich nur die Karminkörnchen der verschiedenen Höhenschichten, bei natürlich sehr verschiedener Einstellung und daher theils hell, theils dunkel, theils scharf umrissen, theils verschwommen wahrnehmen. — Endlich wurde wieder absoluter Alkohol durch das Präparat geleitet und das Wasser verdrängt, wobei die ehemalige Struktur in allen ihren Eigenthümlichkeiten und Besonderheiten von Neuem klar hervortrat, wie es Photographie Fig. 7c Taf. 2 beweist. Sie ist nur bei ein wenig höherer Einstellung als Fig. 7a aufgenommen, weshalb fast alle Wabenräumchen als dunkle Punkte erscheinen.

Der geschilderte Versuch beweist daher, dass in wasserhaltiger Gelatinegallerte eine feine Schaumstruktur vorhanden sein kann, welche direkt nicht wahrzunehmen ist, weil die Lichtbrechungsunterschiede zwischen dem Inhalt und den Wabenwänden zu geringe sind, die jedoch deutlich hervortritt, wenn man diesen Unterschied in der Lichtbrechung durch Behandlung mit Alkohol erhöht. Denn die Wiederkehr der Struktur, mit allen ihren Besonderheiten, in Alkohol beweist zweifellos, dass es sich nicht um eine Neubildung handeln kann, sondern nur um das Deutlichwerden der früheren Struktur.

Ein nicht uninteressantes Verhalten der mit Alkohol erhaltenen Gerinnungspräparate der Gelatine soll zum Schluss noch erwähnt werden. Führt man diese

Präparate nach mässiger Färbung in Xylol und schliesslich Balsam über, in der Erwartung, auf diese Weise Dauerpräparate zu erhalten, so findet man an den in Balsam aufgestellten Präparaten keine Spur der Struktur, wie ich denn auch schon früher bemerkte, dass Gelatinewürfel, die aus Alkohol in Xylol übergeführt werden, so durchsichtig sind, dass man sie kaum wahrnimmt. Dass die Unsichtbarkeit der Struktur im Balsam nur auf der nahen Uebereinstimmung der Brechungskoeffizienten beruht, die Struktur jedoch sicher erhalten ist, lässt sich häufig daran erkennen, dass auch in diesen Präparaten nicht selten plötzlich Gaserfüllung der Waben an gewissen Stellen auftritt, worauf die Struktur natürlich wieder prächtig sichtbar ist.

c) Gerinnung der Gelatinegallerte durch Aether.

Gewisse Ueberlegungen, die hier auszuführen kaum nöthig erscheint, liessen mich vermuthen, dass auch durch Behandlung der Gelatinegallerte mit Aethyläther die Gerinnung in ähnlicher Weise wie mit Alkohol hervorgerufen werden müsse. Diese Vermuthung haben die im Laufe des Jahres 1895 angestellten Versuche bestätigt. Bringt man Deckgläser, die mit 10% Gallerte bestrichen sind, nach dem Erstarren in Aether, so wird die Gelatineschicht rasch trüb und nach einiger Zeit ganz weisslich undurchsichtig. Darauf an der Luft getrocknet, wird die Gelatine sogar viel undurchsichtiger und weisser wie zuvor. Nur die äusseren dünneren Randpartien werden durchsichtig glasig. Schon bei der Aetherbehandlung blieben aber die äussersten, am stärksten eingetrockneten Randpartien glasig. Doch mag gleich bemerkt werden, dass die Gerinnung in Aether auch bei 50% Gelatinegallerte noch ganz gut erfolgt, während letztere weder in Chromsäure noch absolutem Alkohol deutliche Gerinnungserscheinungen zeigt.

Die mikroskopische Untersuchung der an der Luft getrockneten Präparate der 10% Gelatine ergiebt die Anwesenheit einer durchaus schaumigen Beschaffenheit der weiss gewordenen Stellen. Doch unterscheidet sich die Struktur ziemlich wesentlich von der durch Chromsäure oder Alkohol hervorgerufenen. Der Schaum erscheint nämlich im Allgemeinen bedeutend gröber und unregelmässiger. Ausser den feinen und feinsten Alveolen sind eine Menge gröberer durch die Masse zerstreut. Bei genauerer Untersuchung ergiebt sich dennoch, dass die feinsten Alveolen, welche die Grundmasse bilden, in welche die gröberen eingesprengt sind, etwa dieselbe Grösse besitzen, wie bei der Gerinnung in Chromsäure oder Alkohol. So berechnet sich die durchschnittliche Grösse der feinen Wabenräume in der bei 1450facher Vergrösserung aufgenommenen Photographie Taf. 20 Fig. 8 auf 0,7 μ, also ganz die gleiche, wie früher für Chromsäure und Alkohol. Dagegen ist die durchschnittliche Grösse der Waben in der ziemlich gleichmässig strukturirten Partie von Photographie 7 Taf. 20 1,17 μ. Es scheint mir daher sehr wahrscheinlich, dass der Aether ursprünglich dieselbe Struktur hervorruft wie die früher erwähnten Mittel, dass jedoch aus gewissen Ursachen, welche nur bei genauerer Verfolgung des Vorgangs sich ergeben können, theilweise Zerstörung der Struktur unter Bildung grösserer Hohlräume eintritt. — Besonders eigenthümlich und charakteristisch trat in diesen Präparaten vielfach eine prachtvolle Hintereinanderordnung einzelner Wabenreihen zu Linien auf, die sich in verschiedenen Richtungen durchkreuzten.

Diese Erscheinung beruht, wie das gesammte Aussehen lehrt, jedenfalls auf ursprünglichen Putzstreifen der Objektträger oder Deckgläser, dagegen nicht auf Zugwirkungen. Dagegen könnte bei der auf Photographie 8 Taf. 20 dargestellten reihig-faserigen Beschaffenheit der mittleren Partie auch eine Zugwirkung im Spiele sein. Besonders deutlich lässt diese Photographie hervortreten, dass die Längsbalken zwischen den gröberen Wabenreihen aus feineren Reihen bestehen, wie dies schon früher für Collodiumschäume geschildert wurde (s. p. 58).

Die mikroskopische Untersuchung der eingetrockneten Präparate ergiebt ferner, dass keineswegs alle Wabenräume durchaus mit Gas erfüllt sind, was die undurchsichtige Beschaffenheit nach dem Eintrocknen vermuthen liess, sondern dass zahlreiche, namentlich die grösseren, neben einer Gasblase noch Flüssigkeit enthalten, die, soweit sich beurtheilen lässt, aus wasserhaltigem Aether bestehen muss. Wenn nun die Gasblase solcher Alveolen ansehnlich ist gegenüber der Menge der Flüssigkeit, dann befindet sie sich in Ruhe und liegt in der Regel central. Ist die Gasblase dagegen klein, so führt sie andauernde tanzende Bewegungen innerhalb der Flüssigkeit der Alveolen aus. Letztere bieten dann ganz das Bild der in Mineralien und Gesteinen so vielfach vorkommenden Flüssigkeitseinschlüsse mit tanzenden Libellen. Zahlreiche Alveolen sind auch schon kurz nach dem Trocknen der Präparate jedenfalls völlig von Gas erfüllt und flüssigkeitsleer. Damit stimmt überein, dass man die Alveolen mit tanzenden Libellen vorzugsweise in der Tiefe der Gelatineschicht findet; in den höheren Schichten ist die Verdunstung der Flüssigkeit schon zu weit fortgeschritten, die Gasblasen sind zu gross geworden. — Dass die Verdunstung der eingeschlossenen Flüssigkeit langsam fortschreitet, liess sich sicher feststellen, indem die Zahl der Alveolen mit tanzenden Libellen mit der Zeit mehr und mehr abnahm. Etwa 2 Monate nach Anfertigung der Präparate waren noch recht viele derartige Alveolen vorhanden; $1^1/_2$ Monate später liessen sich nur noch wenige auffinden und nach $^5/_4$ Jahren waren überhaupt keine mehr nachzuweisen. Dennoch schien mir bei der Untersuchung dieser Präparate nach so langer Zeit wahrscheinlich, dass in den Wabenräumen zum Theil neben Gas noch Flüssigkeit vorhanden war.

Die Frage, welcher Natur das Gas der tanzenden Libellen ist, lässt sich nicht so leicht beantworten. Zweifellos rührt es daher, dass der flüssige Inhalt der Waben theilweise verdunstet. Es fragt sich nur, wie in früher beschriebenen ähnlichen Fällen, ob die bei der Flüssigkeitsverdunstung auftretende Gaserfüllung von eindringender Luft herrührt oder nur Dampf der Wabenflüssigkeit ist. Geeignete Versuche werden dies wohl entscheiden lassen. Dass die Durchdringlichkeit der Gelatinegallerte für Luft beim Eintrocknen eine ganz auffallende ist, habe ich schon früher (s. 1896 p. 4) gefunden und ich kann diesem zufügen, dass auch bei gelegentlichem Eintrocknen eines halbkugligen Stücks 50% Gelatine unter der Luftpumpe ein ansehnlicher innerer Hohlraum sich bildete, ohne jegliche Sprungbildung der Gelatine. Dennoch halte ich es in dem vorliegenden Fall für das Wahrscheinlichste, dass die Gasblasen nicht Luft, sondern Dämpfe sind.

Gegenüber der mit Alkohol geronnenen Gelatine zeichnet sich die mit Aether behandelte hauptsächlich auch dadurch aus, dass sie, wie schon angegeben, viel schwieriger austrocknet und dabei in viel ausgedehnterem Maasse gashaltig wird.

Dies weist jedenfalls darauf hin, dass das Gerüstwerk im Aether eine viel grössere Festigkeit und Dichte erlangt als im Alkohol und diese Eigenschaften beim Eintrocknen bewahrt.

d) Untersuchungen an Gelatinefäden.

Die Veranlassung zu den im Nachfolgenden beschriebenen Untersuchungen gaben die von mir 1896 veröffentlichten Beobachtungen über Verkürzung, welche stark gedehnte und in diesem Zustand eingetrocknete Gelatinestreifen beim Quellen erfahren (s. 1896, p. 12 ff.). Zu diesen Versuchen hatte ich früher schwächere Gelatinegallerten verwendet, die bei der Dehnung leicht reissen und deshalb auch nur eine mässige Dehnung erlauben. Die 50%-Gallerte, welche aus anderen Gründen gelegentlich hergestellt wurde, erwies sich dagegen ungemein dehnbar und gestattete ferner leicht die Herstellung schöner dünner Fäden. Ich verfuhr dazu in der Weise, dass ich mit dem Glasstab einen ansehnlichen Tropfen aus der sehr zähen geschmolzenen Gallerte heraushob und die Verbindungsbrücke zwischen diesem Tropfen und der Hauptmasse durch Entfernung des Stabes zu einem dünnen Faden auszog, der sehr rasch erstarrte und sich daher schön erhielt. Es ist leicht, auf diese Art 1/2 m lange und längere Fäden herzustellen, die sich, vom Moment der Erstarrung an, ungemein dehnbar und elastisch, ähnlich wie Kautschuk, erweisen.

Solche Fäden eignen sich nun viel besser als die früher von mir verwendeten Streifen schwächerer Gallerten zum Nachweis der Kontraktion bei der Quellung nach dem Austrocknen im gedehnten Zustand; weshalb die Erfahrungen an diesen Fäden hier als eine Ergänzung des früher Mitgetheilten aufgeführt werden.

Wird ein Stück eines solchen Fadens direkt nach der Herstellung oder nach vorheriger Austrocknung in Wasser gequellt, so tritt nicht, wie ich eigentlich ursprünglich vermuthete, Verkürzung auf, sondern Ausdehnung nach allen Dimensionen; jedoch ist die Zunahme in der Längsrichtung verhältnissmässig viel geringer als die der Dicke, was jedenfalls beweist, dass die Fäden bei der Herstellung schon eine gewisse Dehnung erfuhren. Die folgende Tabelle giebt das Verhalten zweier Fäden, die sofort nach der Herstellung in Wasser von Zimmertemperatur gequellt wurden (Juli):

Faden a.

31. VII 95	Zeit	Länge	Dicke
Beginn der Quellung	5,10 p. m.	64 mm	0,29
	5,20	83	0,56
	6,50	103	0,54
		61 % Verl.	86 % Verd.

Faden b.

31. VII. 95.	Zeit	Länge	Dicke
Beginn der Quellung	5,20 p. m.	58 mm	0,59
	5,50	77	0,97
	6,45	81	0,99
1. VIII. 95.	9 a. m.	87	1,24
		50 % Verl.	110 % Verd.

Hieraus folgt, dass die Verdickung prozentisch das Doppelte der Verlängerung erreichen kann. Faden b hatte bei der letzten Messung (16 Stunden nach Beginn) jedenfalls das Maximum der Quellung erreicht.

Wie gesagt, sind derartige Fäden sehr dehnbar und behalten auch nach längerem Liegen in absolutem Alkohol, in dem sie glasig bleiben, ihre Dehnbarkeit. Eine grössere Zahl Fäden verschiedener Herstellungen wurden in der Weise stark gedehnt, dass das eine Ende des Fadens mit einer Insektennadel auf dem Tisch befestigt, das andere mit der Pinzette gefasst und durch Zug die gewünschte Länge des Fadens hergestellt wurde. Darauf befestigte man auch dieses Ende durch eine Nadel auf dem Tisch und liess denselben in gedehntem Zustand trocknen. Die Fäden lassen sich so bis zum Doppelten ihrer Länge und darüber dehnen. Bringt man nun solch' stark gedehnte und getrocknete Fäden in nicht zu kaltes Wasser (15—20° C.), so sieht man nach sehr kurzer Zeit, meist schon nach einer Minute etwa, dass sie Biegungen zu machen beginnen, etwas wellig werden, und dass die Verkürzung beginnt, bei der anfänglich nicht selten förmliche Zuckungen auftreten. Die Verkürzung schreitet dann, allmählich abnehmend, 15—20 Minuten fort und geht zuletzt wieder in Verlängerung über, die erst nach mehreren Stunden ihr Maximum erreicht und, je nach dem Maasse der vorhergegangenen Dehnung, die ursprüngliche Länge des gedehnten Fadens überschreiten oder hinter ihr zurückbleiben kann.

In nachfolgender Tabelle verzeichne ich die Ergebnisse an vier Fäden a—d, wozu ich bemerke, dass die Fäden b und c herausgeschnittene Stücke eines und desselben gedehnten Fadens waren.

	a		b			c			d		
Urspr. Länge	46 mm		130 mm			130 mm			90 mm		
Gedehnt	53 mm		243 mm			243 mm			180 mm		
Dehnung in % des gedehnten Fadens	13 %		46 %			46 %			50 %		
14. VII.	Zeit	Länge	14. VII.	Zeit	Länge	14. VII.	Zeit	Länge	14. VII.	Zeit	Länge
Beginn der Quellung →	11,23 a. m.	53	→	10.17 a. m.	100	→	10,27 a. m.	143	→	10,35 a. m.	179
	11,24	52		10,25	96		10,32	118		10,41	130
	11,30	49,5		10,32	80		10,40	111		10,45	121
	11,34	49,0		10,40	82		10,45	113		10,49	120
	11,40	48,5		11,25	88		11,25	111,5		10,56	125
	11,45	49,0	15. VII.	11 a. m.	93,5	15. VII.	11 a. m.	118,5		11,25	132,5
	11,50	49,3									
15. VII.	9,30 a. m.	57							15. VII.	11 a. m.	143
Verkürz. in % ger Länge des gedehnten Fadens	6,6 %		20 %			22,3 %			33 %		

Aus vorstehender Tabelle ergiebt sich demnach, dass die Verkürzung im Allgemeinen der vorhergegangenen Dehnung proportional ist, dass sie jedoch nie ihren

vollen Betrag erreicht, sondern, wie die Messungen ziemlich übereinstimmend ergaben, nur nahezu oder etwas mehr wie die Hälfte.

Bei den Beobachtungen an diesen langen Fäden wurde das Verhalten der Dicke ausser Betracht gelassen, da letztere nur mit dem Mikroskop messbar ist, und die langen Fäden sich schwer unter dieses bringen liessen.

Bei einigen früheren Messungen an kürzeren gedehnten Fäden wurde dagegen auch die Zunahme der Dicke mikroskopisch festgestellt. Bei diesen Fäden war der Betrag der ursprünglichen Dehnung nicht ermittelt worden. Bei Berücksichtigung der gut stimmenden Ergebnisse über die Verkürzung der obigen Fäden lässt sich jedoch der Betrag der vorgegangenen Dehnung ungefähr ermessen. Zu bemerken wäre noch, dass diese Fäden vor der Dehnung einige Zeit in absolutem Alkohol gelegen hatten. Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse an jenen Fäden e—g.

	e				f				g		
29. VI.	Zeit	Länge	Dicke	30. VI.	Zeit	Länge	Dicke	30. VI.	Zeit	Länge	Dicke
Beginn der Quellung →	5,40 p. m.	12.3	0,032	→	10,18 a. m.	44,2	0,103	→	10,10 a. m.	24,1	0,117
	5,45	9,3	0,099		10,24	28	0,306		10,15	13,3	0,288
	5,55	9,3	—		11,15	33	0,35		10,30	14,5	0,33
	6,15	9,6	0,11	1. VII.	12 a. m.	34,5	0,35		11.15	14,5	0,33
	7,12	10,0	0,09					1. VII.	12 a. m.	16	
30. VI.	10 a. m.	10,5									
Verkürzung	24 %				36,6 %				46 %		
und gleichzeitige Verdickung in % des gedehnt. Fadens	209 %				197 %				145 %		

Die Vergleichung der Dickenzunahme dieser Fäden bis zum Maximum der Verkürzung ergiebt die Eigenthümlichkeit, dass die Dickenzunahme relativ um so beträchtlicher ist, je geringer die Verkürzung war, während man wohl eigentlich das Gegentheil erwartet hätte.

Bei starker Dehnung der zuvor einige Zeit in absolutem Alkohol aufbewahrten Fäden fiel zuerst die eigenthümliche Erscheinung auf, dass plötzlich eine mittlere Strecke ganz kreideweiss und undurchsichtig wurde. Die genauere Verfolgung der Erscheinung lehrte bald, dass das Gleiche fast regelmässig bei starker Dehnung solcher Fäden auftritt, die einige Zeit an der Luft eingetrocknet waren, weshalb zu ihrer Dehnung starke Kräfte angewendet werden müssen. Da die Fäden gleichzeitig etwas brüchig geworden sind, kann man stets nur relativ kleine Stücke von dieser Beschaffenheit erhalten, da die Fäden bei starkem Zug endlich glatt abreissen. Dabei zeigt sich, dass auch jede Bruch- oder Rissfläche sofort weiss wird.

Die weitere Untersuchung ergab die wichtige Thatsache, dass die Erscheinung genau in gleicher Weise eintritt, wenn die Fäden unter Alkohol, Xylol oder einer Lösung von Damarharz in Xylol und Terpentinöl gedehnt werden, also unter Bedingungen, welche den Eintritt von Luft in etwa sich bildende

Risse oder Spalten ausschliessen. Hieraus folgt sicher, dass das Weisswerden nicht auf Rissbildungen beruht, welche mit der Oberfläche zusammenhängen, und dass nicht der Eintritt äusserer Luft in Spaltenbildungen der Fäden das Weiss- und Undurchsichtigwerden hervorruft. Hiermit stimmt auch überein, dass die weiss gewordenen Fadenstücke sich bei Einbettung in Damarlack oder Kanadabalsam völlig unverändert erhalten; ebenso veränderten sich die unter Xylol oder absolutem Alkohol gedehnten weissen Fadenstücke bei dreitägigem Aufenthalt in diesen Flüssigkeiten nicht wesentlich; nur die in Xylol liegenden blassten ganz wenig ab, gaben jedoch bei darauf folgender Ueberführung in Damarlack Präparate, welche den in Luft gedehnten Fäden vollkommen glichen.

Die genauere mikroskopische Untersuchung der weissen Stellen gedehnter Fäden ergab nun ein sehr merkwürdiges und interessantes Resultat. Zunächst zeigt sich, dass nur eine äussere Rindenzone der Fäden weiss geworden ist, die axiale Partie dagegen hyalin und homogen verblieb (s. den Querschnitt. Fig. 3, Taf. 15). Die Tiefe, bis zu welcher die undurchsichtige weisse Zone sich erstreckt, wechselt ziemlich beträchtlich, worauf sie unter allmählicher Aufhellung in die axiale hyaline Region übergeht. In gleicher Weise gehen auch die Enden der weissgewordenen Fadenstrecke allmählich in die angrenzenden hyalinen Strecken über.

Der feinere Bau der weissen Fadenpartien lässt sich nun an den letzterwähnten Uebergangsstellen oder an solchen Stellen erkennen, wo nur eine ganz dünne äusserste Schicht in dieser Weise verändert ist. Sobald die Veränderung tiefer gegriffen hat, ist die betreffende Fadenstrecke ganz undurchsichtig. An solchen Stellen erkennt man vortrefflich, dass die weissen Fadenpartien prächtig und sehr regelmässig *schief gekreuztstreifig* sind, in einer Weise, welche lebhaft an die bekannte schiefe Kreuzstreifung pflanzlicher Zellmembranen, insbesondere die der Bastfasern erinnert. Die Figuren 1, 2 und 5 Taf. 15 geben hiervon eine gute Vorstellung, Fig. 1 bei schwächerer (180-facher) Vergrösserung, die Figuren 2 und 5 bei 790-facher. Die genauere Betrachtung der beiden letzteren Photographien zeigt schon ganz überzeugend, dass die Kreuzstreifung auf der regelmässigen Anordnung feiner Hohl- oder Wabenräumchen in zwei sich schief kreuzenden Richtungen beruht, d. h., dass eine schön feinwabige Struktur vorliegt mit einer eigenthümlichen Anordnung der Waben, welche die schiefe Kreuzung bedingt. Dass es sich thatsächlich um eine wabige Struktur, als Ursache der Kreuzstreifung und der weissen Beschaffenheit der betreffenden Stellen, handelt, lässt sich mit aller Sicherheit an den Uebergangsstellen in die hyalinen Partien erkennen. Hier treten nämlich die Hohlräumchen oder Waben nicht mehr dicht zusammengelagert auf, sondern immer lockerer, schliesslich vereinzelt zerstreut in der hyalinen Gelatine, um endlich ganz zu schwinden. Dabei zeigt sich doch noch die ausgesprochendste Tendenz zur Anordnung in den beiden gekreuzten Streifensystemen. An diesen Stellen, wo man einzelne isolirte Hohlräumchen studiren kann, lässt sich auf das Schärfste nachweisen, dass es sich um Räumchen mit äusserst schwach lichtbrechendem Inhalt handelt, die also bei tiefer Einstellung sehr hell, bei hoher dagegen sehr dunkel erscheinen und die sich überhaupt in jeder Hinsicht wie luft- oder gaserfüllte Hohlräumchen verhalten. Luft kann nun aber nach dem oben Angegebenen unmöglich in den Räumchen vorhanden sein; es kann sich demnach nur um Wasser-

gas handeln, das die Räumchen erfüllt, da absolut leere Räume nicht vorliegen können.

Der Durchmesser dieser Waben und damit auch der Abstand der Streifen beider Systeme ergiebt sich nach den beiden Photographien 2 und 4 im Durchschnitt zu 2,1—2,3 μ. Vermuthlich dürfte jedoch die Struktur noch erheblich feiner sein. Dies schliesse ich einmal aus der Photographie Fig. 8, Taf. 15, welche eine Partie des oberflächlichen Wabenwerks mit Obj. 2 Oc. 12 (2560facher Vergrösserung) darstellt, während die Photographien 2 und 4 mit Obj. 8 Oc. 18 (790facher Vergrösserung) aufgenommen wurden. Fig. 8 zeigt wegen der Wölbung der Fadenoberfläche nur in der rechten unteren Ecke eine Anzahl Wabenräume bei richtiger, eben tiefer Einstellung (1. Tiefe); von da ab wird die Einstellung gegen die linke obere Ecke immer tiefer und die Wabenräume werden grösser, eine Erscheinung, auf welche ich schon in der Einleitung hingewiesen habe. Die Doppelstreifung tritt in dieser Figur nicht hervor, aus Gründen über die ich mir nichts notirt habe, so dass ich keinen Aufschluss zu geben vermag. Die Berechnung der scharf eingestellten Hohlräumchen dieser Photographie ergiebt einen Durchmesser von nicht mehr als ca. 0,5—0,6 μ. Berücksichtigt man ferner, dass die Photographien 2 und 5 mit einem relativ schwachen Objektiv und starkem Okular aufgenommen wurden und dass wegen der geringeren Auflösungskraft dieses Objektives sehr feine Schaumbildungen, die damit betrachtet werden, erfahrungsgemäss zu grob erscheinen — indem kleinste Schaumbläschen als solche nicht erkannt, sondern Gruppen solcher als einheitliche Bläschen aufgefasst werden — so halte ich es für sehr wahrscheinlich, dass die Struktur in den Photographien 2 und 5 zu grob erscheint. Vermuthlich wird dieser Anschein noch dadurch vermehrt, dass der Deutlichkeit wegen relativ tief, auf die zweite Tiefe, eingestellt wurde und auch solche Stellen zur Photographie gewählt wurden, die verhältnissmässig durchsichtig und an denen daher wahrscheinlich nicht alle Wabenräume mit Gas gefüllt sind.

Die Untersuchung möglichst feiner Querschnitte, solch' weisser Fadenstellen, die sich zwischen Kork mit dem Rasirmesser ziemlich gut herstellen lassen, ergiebt noch einige bemerkenswerthe Verhältnisse. Man sieht einmal sehr deutlich die Ausdehnung der weiss gewordenen Region und ihren Uebergang in die hyaline axiale (Fig. 3 Taf. 15) und überzeugt sich bestimmt, dass die wabige Struktur soweit nach Innen geht, als die Undurchsichtigkeit reicht. — Die Flächenansicht der Fäden bei verschiedener Einstellung lehrt ferner, soweit sich dies beurtheilen lässt, dass die schiefe Kreuzung durch die gesammte Dicke der weissen Zone geht. Ferner zeigen die Querschnitte stellenweis an der Oberfläche einen Alveolarsaum aus regelmässig radiär gerichteten Waben in prägnanter Deutlichkeit (Fig. 3). Die Dicke dieses Alveolarsaumes bestimmt sich nach Photographie Fig. 3 und einer ähnlichen zu ca. 1,3—1,5 μ und der quere Durchmesser seiner Waben zu ungefähr ebensoviel. In der tieferen Wabenmasse der Querschnitte scheint hie und da eine Neigung zu radiärstrahliger Anordnung vorhanden zu sein, doch ist dies wegen der Undurchsichtigkeit an den immerhin ziemlich dicken Schnitten nicht mit genügender Sicherheit festzustellen.

Ausser durch direkte Dehnung kann man das Weisswerden der Fäden auch auf andere Weise hervorrufen. Biegt man einen Faden stark, so wird die gedehnte,

konvexe Seite ebenfalls weiss. Stellenweise trat am konvexen Rand der Alveolarsaum gut hervor. Da, wo die weiss gewordene Partie des konvexen Randes in die hyalin gebliebene des konkaven allmählich übergeht und daher durchsichtiger wird, lässt sich bestimmt feststellen, dass auch in diesem Fall die schief gekreuzte Streifung vorhanden ist. Bei starker Biegung bilden sich jedoch an der konvexen Partie auch radiäre rissartige Bildungen, welche sich aber in Balsam erhalten, wesshalb sie sicher innerliche Bildungen sind. So weit ich hierüber zu urtheilen vermag, möchte ich sie als wirkliche Zerreissungen ansehen.

Endlich lässt sich die weisse Beschaffenheit der Fäden auch durch sehr starke Pressung im Schraubstock hervorrufen. Dabei werden die abgeplatteten Fäden stellenweise, namentlich in der Achse, ganz undurchsichtig und weiss, so dass hier von Struktur nichts Bestimmtes zu erkennen ist. Die seitlichen Ränder sind lichter und durchsichtiger; hier zeigt sich wiederum vielfach die gekreuzte Streifung recht schön und in prinzipiell übereinstimmender Weise mit jener der gedehnten Fäden (s. Fig. 4, Taf. 15). Hier und da hat jedoch die Struktur auch einen mehr faserig-wabigen Charakter (s. Fig. 9, Taf. 15) mit relativ steilerer Richtung der Streifensysteme zur Fadenachse.

Der Winkel, unter welchem die beiden Streifensysteme der gedehnten Fäden sich kreuzen, schwankt ziemlich, selbst an verschiedenen Stellen desselben Fadenstücks. Im Allgemeinen beträgt der gegen die Fadenenden schauende stumpfe Winkel φ zwischen 103—120°, wie folgende Tabelle zeigt.

Faden	a	1.	Stelle	103°	Faden	f	1.	Stelle	121°
„	a	2.	„	118°	„	f	2.	„	122°
„	b			110°	„	g	1.	„	110°
„	c	1.	„	111°	„	g	2.	„	118°
„	c	2.	„	119°	„	h			115°
„	d	1.	„	108°	„	i			128°
„	d	2.	„	113°	„	k			106°
„	e	1.	„	112°	„	l			110°
„	e	2.	„	118°					

Da die genaue Messung nicht selten einige Schwierigkeiten bietet und eine so hohe Zahl wie 128° nur einmal gefunden wurde, scheint mir viel dafür zu sprechen, dass hier ein Irrthum vorlag, wofür, wie wir sehen werden, auch die später zu erörternde wahrscheinliche Entstehung der Streifung sprechen dürfte. Bei einem im Schraubstock gepressten, vorher nicht gedehnten Faden wurde der Winkel der am Rande des breitgedrückten Fadens sehr deutlichen Kreuzstreifung an verschiedenen Stellen zu 100—105, 110 und 112° bestimmt. Wenn schon auffällt, dass dieser Winkel relativ klein ist, so war dies bei zwei weiteren derartigen Fäden, die in der Achse dunkel und kreuzstreifig geworden waren, noch weit mehr der Fall, da deren zwar schwierig messbarer Winkel bei dem einen Faden nur ungefähr 68°, bei dem anderen an zwei Stellen ca. 82 und 87° betrug.

An einem gebogenen, vorher nicht gedehnten Faden wurde der Winkel als Mittel aus vier Messungen zu 126° bestimmt.

Bei der Quellung solch' kreuzstreifiger Fäden muss mit der Zunahme der Dicke und etwaiger Verkürzung natürlich der Winkel sich vergrössern, ähnlich wie

bei der Quellung der Bastfasern. Darauf gerichtete Versuche haben dies bestätigt. In nachstehender Tabelle gebe ich die Resultate eines solchen Versuchs, bei dem der Faden, von einigen Millimetern Länge, unter dem Deckglas, das durch einen Paraffinrand befestigt war, successive in 66% Alkohol, (Vol. %), 50%, 25%, 12% und endlich in reinem Wasser gequellt wurde. Die Streifung wurde schon vor Beginn der Quellung (50% Alkohol) sehr blass und zum Theil undeutlich, doch blieben noch Stellen, welche die Messung des Winkels genügend gestatteten. Seltsamer Weise wurde die Streifung dieses Fadens in verdünntem Alkohol wieder etwas deutlicher und erhielt sich sogar in Wasser noch ziemlich gut, während ich sonst in verdünntem Alkohol oder gar Wasser gewöhnlich gar nichts mehr davon wahrnahm. Das Undeutlichwerden der Streifung beruht natürlich darauf, dass sich die Hohlräumchen mit alkoholischer oder wässeriger Flüssigkeit füllen und auch jedenfalls gleichzeitig die Lichtbrechung der Wände durch Wasseraufnahme herabgesetzt wird. Die in solchen Fäden stets vorhandenen Luftblasen werden bei längerem Verweilen in Wasser vollständig absorbirt und ihre Hohlräume von Flüssigkeit erfüllt, indem die Hohlräume bei der Quellung zunächst vergrössert werden, so dass die Luftblase in einem Flüssigkeitsraum liegt. Leider liess sich bei diesem Versuch nur die Dickenveränderung des Fadenstücks messen, da die Länge wegen ihrer Grösse unter dem Mikroskop nicht messbar war.

	Dicke			durch Konstruktion bestimmt
Trocken	Dicke = 1,45 mm	$\sphericalangle \varphi$ = 115°	(Mittel aus 8 Messungen)	
66% Alkohol	Keine Veränderung, keine Quellung	,,		
50% ,,	Dicke = 2,0 mm	,, = 130°	(3 Messungen)	132,5
25% ,,	,, = 2,8 ,,	,, = 142°	(3 ,,)	144
12% ,,	,, = 3,2 ,,	,, = 144°	(4 ,,)	149
Wasser	,, = 3,35 ,,	,, = 148°	(5 ,,)	150
Wasser nach 15 Std.	,, = 3,55 ,,	,, = 156°	(3 ,,)	151
Hierauf in Alkohol absol.				
nach 2 Stunden	,, = 2,7 ,,	,, = 139°	(4 ,,)	
nach 24 Stunden	,, = 2,5 ,,	,, = 137°	(3 ,,) (eine zweite Stelle ergab jedoch 144° [3 Messungen]).	

Eigenthümlich erscheint, dass die beobachteten Winkel hinter den, auf Grundlage einfacher Dickenzunahme unter gleichbleibender Länge konstruirten (s. die Tabelle) regelmässig (mit Ausnahme der letzten Messung in Wasser) um einige Grade zurückbleiben, während man geneigt wäre, auf Grund der, im Beginn der Quellung wohl eintretenden schwachen Verkürzung, eher das Gegentheil anzunehmen. Genauere Versuche über das Verhalten der Länge bei der Quellung sind jedenfalls nöthig. Eine erhebliche Verkürzung zeigen diese, beim Weisswerden nur wenig über die ursprüngliche Länge gedehnten Fäden jedenfalls nicht, wovon ich mich bei einem Faden von 0,5 mm Länge überzeugte, der nach 7—8 stündigem Quellen in 45% Alkohol keine Veränderung in der Länge erfahren hatte.

Von besonderer Wichtigkeit für die Beurtheilung der beim Dehnen der Fäden auftretenden interessanten Struktur ist die Entscheidung der Frage, ob schon vor der Dehnung eine solche vorhanden ist. Bei Untersuchung gequollener, nicht

gedehnter Fäden, die mit Methylenblau schwach gefärbt waren, in Wasser, glaube ich sicher schwache Andeutungen der schief gekreuzten Streifung gesehen zu haben. Da jedoch, wie von vornherein zu erwarten war, diese Andeutungen äusserst blasse sind, so ist vollkommene Sicherheit nicht zu erzielen. Dickere und sehr feine Fäden, die aus Gelatine dargestellt wurden, welche mit filtrirter Aufschwemmung von Berlinerblau stark versetzt war, zeigten ebenfalls ganz sichere Andeutungen der schiefgekreuzten Streifung an den eingelagerten minutiösen blauen Körnchen. An diesen Fäden, welche bei der Herstellung stark gedehnt waren, war in den äusseren Partien auch eine Längsstreifung ziemlich ausgesprochen, die darauf beruhte, dass die vielfach vorhandenen kleinen Zusammenhäufungen der Berlinerblau-Körnchen zu linienartigen Zügen parallel der Längsachse ausgezogen waren [1]).

Wurden derartige auf dem Objektträger ausgespannte Fäden, die nur in Wasser vorübergehend etwas gequellt waren, in absolutem Alkohol gebracht und hierauf successive in Kanadabalsam übergeführt, so war die wabige und gleichzeitig ziemlich steil schief gekreuzte Struktur an den feinsten der Fäden recht gut zu erkennen, obgleich die Kreuzstreifung nicht ganz so klar war wie bei den trocken gedehnten, oben geschilderten Fäden. Wie ich erwartet hatte, spricht sich die Kreuzstreifung an diesen Fäden, auch ohne dass die feinere Struktur sichtbar wäre, in der Anordnung des Berlinerblaus zu schief gekreuzten feinen linienartigen Zügen sehr kenntlich aus, was namentlich nach Aufhellung der Fäden in Balsam und bei starker Beleuchtung genügend deutlich hervortritt. Dies bestätigt die schon an den frischen, in Luft oder Wasser untersuchten Fäden gemachten Erfahrungen und bildet einen weiteren Beleg für die Existenz der Kreuzstreifung, sowie der sie verursachenden Struktur im frischen unveränderten Zustand der Fäden. — Bei einem der oben erwähnten feinen, stark ausgezogenen Fäden (mit Berlinerblau) wurde der Winkel φ nach dem Verlauf der blauen sich kreuzenden Streifen bestimmt und aus acht Messungen (92 — 103°) im Durchschnitt zu 98° festgestellt. Die Kleinheit des Winkels erklärt sich aus der starken Dehnung, welche dieser Faden bei der Herstellung erfahren hatte.

Legt man ungedehnte Fäden von 50% Gelatine direkt in Aether ein, so werden sie bald ganz weiss und undurchsichtig, wie dies schon für die Gelatine geschildert wurde. Die Untersuchung der Fäden nach Ueberführung in Balsam ergab, dass die Kreuzstreifung zum Theil ziemlich gut hervortrat, indem die feinen Hohlräumchen sich in den beiden Streifenrichtungen ordnen (s. Taf. 21 Fig. 4, welche die Erscheinung jedoch nur wenig deutlich zeigt). Der Winkel φ betrug an zwei dicken Fäden ca. 105—110°. An einigen solchen Fäden, die in Luft ausgetrocknet untersucht wurden, wurde statt der schiefen Kreuzstreifung eine feine sich senkrecht kreuzende Längs- und Querstreifung beobachtet (s. Taf. 14 Fig. 3), über deren Realität ich jedoch etwas zweifelhaft bin, da sie nach Ueberführung in Balsam nicht mehr deutlich ist, mit Ausnahme eines einzigen Fadens, der in der axialen Partie eine solche Struktur darbietet. Die äusserste Rindenzone solcher

---

1) Diese Fäden wurden so hergestellt, dass ein Gelatinetropfen auf den Objektträger gesetzt und kurz vor dem Erstarren mit der Nadel ein Faden herausgezogen wurde, dessen Ende dann auf dem Objektträger angeklebt wurde, so dass keine Zusammenziehung des Fadens eintreten konnte.

in Aether eingelegten Fäden bleibt in der Regel überhaupt hyalin, wohl deshalb, weil sie meist schon zu sehr eingetrocknet ist.

Bei weitem das geeignetste Verfahren jedoch, um an den nicht gedehnten Fäden die kreuzstreifige Struktur sichtbar zu machen, ist die Gerinnung durch 0,3% Chromsäure in der früher angegebenen Weise. Werden die Fäden aus 50% Gelatine jedoch direkt in Chromsäure eingelegt, so bleiben sie, wie schon früher hervorgehoben, hyalin.

Wurden die Fäden dagegen zuvor etwas in Wasser aufgequellt oder werden direkt Fäden schwächerer Gallerte verwendet, so gelingt die Gerinnung in Chromsäure sehr gut und die schon früher geschilderte feine Wabenstruktur tritt durch die gesammte Masse des Fadens auf. Daneben zeigen jedoch alle derartig geronnenen Fäden eine sehr ausgesprochene Längsstreifung, wie die Figg. 10 Taf. 15 bei schwächerer und 1 Taf. 14 bei stärkerer Vergrösserung deutlich erkennen lassen. Diese Längsstreifung ist viel zu grob, als dass sie direkt auf einer längsreihigen Anordnung der Waben beruhen könnte, obgleich, wie wir später sehen werden, vermuthlich auch eine Längsstreifung, die auf Wabenanordnung beruht, dabei im Spiele ist. Bei Betrachtung des optischen Längsschnitts tritt die Längsstreifung auch deutlich hervor, so dass die Vermuthung naheliegt, es handle sich hier um eine Art Schichtung der Fäden. Diesem widerspricht jedoch andererseits die Deutlichkeit der Längsstreifung in der Flächenansicht und bei verschieden tiefer Einstellung, was beweist, dass jedenfalls noch besondere Verhältnisse beim Zustandekommen der Längsstreifung betheiligt sein müssen. Aufschluss darüber geben erst die in gleicher Weise behandelten Querschnitte solcher Fäden. Deren Untersuchung ergiebt nun, dass thatsächlich eine Schichtung des Wabenwerks vorhanden ist, jedoch eine sehr unregelmässige. Die Schichtenzüge sind vielfach auf dem Querschnitt wellig geschlängelt, sogar fast mäandrisch gewunden, häufig noch viel unregelmässiger, als dies auf dem Querschnitt Fig. 7 Taf. 15 (bei schwächerer) und Fig. 2 Taf. 14 (bei stärkerer Vergrösserung) hervortritt. Die Folge dieser welligen, unregelmässigen Biegungen und Knickungen der Schichten muss sein, dass bei Flächenbetrachtung eine gröbere Längsstreifung sichtbar wird, indem die Wellen der Schichten im optischen Durchschnitt gesehen werden und dabei als Längsstreifen erscheinen. Erklärlich wird dadurch auch, dass die Längsstreifung in der ganzen Dicke der Fäden wahrzunehmen ist, dass jedoch die einzelnen Streifen meist nur durch eine geringe Dicke zu verfolgen sind, was eben darauf beruht, dass sie die Durchschnittsbilder der wabigen Schichtenzüge sind.

Dass thatsächlich eine Art Schichtung der Gelatine existirt, zeigt sich auch häufig sehr schön um die vielfach eingeschlossenen Luftblasen, welche von konzentrischen Schichtenzügen umzogen werden.

Die Entstehung dieser unregelmässigen Schichtung ist schwierig zu beurtheilen. Jedenfalls muss sie schon bei der Herstellung der Fäden gebildet werden, darauf weist der ganze Komplex von Erscheinungen hin. Die Schichtung selbst ist vielleicht nur eine Folge der Wirkung des Zugs auf das Wabenwerk der Gelatinegallerte, während die wellige Unregelmässigkeit der Schichten möglicher Weise von unregelmässigen Störungen herrührt, die sich geltend machen, während die Masse des Gelatinefadens noch zähflüssig ist.

Neben der geschilderten Längsstreifung zeigt nun die feine Wabenstruktur der geronnenen Fäden ganz deutlich auch die schiefe Kreuzstreifung (Fig. 10 Taf. 15, Fig. 1 Taf. 14). Die letztere Figur lässt genügend erkennen, dass diese Kreuzstreifung eine Folge der Anordnung der Waben ist wie bei den trocken gedehnten Fäden. Auffallend ist, dass der Winkel φ bei dem Faden, der den beiden Photographien zu Grunde liegt, relativ klein ist; ich bestimme ihn nach den Photographien auf ca. 105°. Es wäre daher zu vermuthen, dass dieser Faden schon bei der Herstellung relativ stark gedehnt wurde und so erstarrte, was ich leider nicht festgestellt habe.

Bei einem Faden, der aus mit Tusche versetzter ca. 20%-Gelatine nach der früher geschilderten zweiten Methode (s. Anm. p. 183) unter Dehnung dargestellt war, und der sich wegen seiner Befestigung auf dem Objektträger bei der darauf folgenden Gerinnung in 0,3% Chromsäure nicht zusammenziehen konnte, fanden sich folgende ungefähren Werthe des Winkels φ: an einem der dicken Enden des Fadens 95—100° und von da allmählich abnehmende Werthe bis zu der dünnsten mittleren Region, wo der Winkel schliesslich nur 75° betrug. Es erklärt sich dies aus der sehr starken Dehnung des Fadens bei der Herstellung und der dauernden Erhaltung dieser Dehnung bei der Gerinnung und weiteren Präparation.

An den in Chromsäure geronnenen Fäden ist endlich ein Alveolarsaum der Oberfläche häufig mit ganz besonderer Deutlichkeit zu beobachten, wie ihn Fig. 6 Taf. 15 auf dem optischen Längsschnitt des Randes eines solchen Fadens besonders gut zeigt. Gleichzeitig lässt diese Figur auch den wabigen Bau der tieferen Schichten erkennen, sowie die Schichtung, und zeigt schliesslich eine gewisse Tendenz der Querordnung der äussersten Wabenlagen (leider ist die Figur schlecht reproduzirt). Bei dieser Gelegenheit sei noch betont, dass ich an den in Wasser gebrachten und mit Methylenblau schwach gefärbten Fäden von 50%-Gelatine zuweilen, namentlich über etwas vorspringenden, eingeschlossenen Luftblasen, den Alveolarsaum so bestimmt beobachtet habe, dass ich dessen Existenz im nicht geronnenen Zustand der Fäden mit Sicherheit behaupten darf.

Polarisation der Gelatinefäden. Begreiflicher Weise polarisiren alle durch Ausziehen hergestellten Gelatinefäden sehr energisch und verhalten sich optisch einachsig, mit der optischen Achse in der Dehnungsrichtung. Die Polarisationsachse entspricht der Achse grösserer Elasticität im Sinne Nägeli's und Schwendener's; die Fäden verhalten sich demnach wie einachsig positive Krystalle, was bekanntermassen für die meisten durch Dehnung anisotrop werdenden Substanzen gilt und speziell für Gelatinefäden häufig nachgewiesen wurde (vergl. hierüber namentlich Ebner, 1882). Bei der Untersuchung mit dem Gypsplättchen erster Ordnung scheint das Blau der Fäden in der Additionsstellung dritter Ordnung zu sein; die Ränder der Fäden scheinen stets sowohl in Blau- wie Gelbstellung etwas dunkler in der Farbe, was wohl ihrer geringeren Dicke zuzuschreiben ist. Die Ausbildung der kreuzstreifigen Struktur in den betreffenden Fadenstellen spricht sich in der Blaustellung meist sehr deutlich aus, da hier nur die Ränder blau sind, dagegen das Innere mehr oder weniger gelblich bis rein gelb. Dies beruht wohl sicher darauf, dass diese Stellen stärker gedehnt sind und daher das Gelb dritter Ordnung zeigen, ihre dünnen Ränder dagegen noch das Blau dieser Ordnung. In der Gelbstellung

sind die kreuzstreifigen Stellen axial entsprechend weissgelb, die Ränder rein gelb erster Ordnung.

Die Querschnitte zeigen meist keine ausgesprochene Polarisation, abgesehen von der Umgebung der Luftblasen, die sich wie ein negativer Sphärokrystall verhält, was sich auf die oben p. 164 bei der Schilderung der Polarisation um Luftblasen angegebene Weise erklärt. Hier und da verriethen jedoch auch die Querschnitte deutliche Polarisationswirkungen, zum Beweis, dass die optische Elasticität senkrecht zur Dehnungsachse nicht immer ganz gleich ist.

e) Sind die durch Gerinnung in der Gelatinegallerte auftretenden Strukturen präformirt oder bilden sie sich erst bei der Gerinnung?

Nach der Schilderung der mannigfachen Erfahrungen, die in den vorausgehenden Abschnitten gegeben wurde, können wir endlich an die Erörterung der wichtigen Frage gehen, welche in der Ueberschrift dieses Kapitels aufgeworfen wurde. Ihre Entscheidung liesse sich natürlich am einfachsten und bestimmtesten herbeiführen durch den Nachweis entsprechender Strukturen in der unveränderten, erstarrten Gallerte. Leider ergaben jedoch die hierauf gerichteten Bemühungen kein sicher beweisendes Resultat. Zwar habe ich bei gewöhnlicher Gallerte, die auf das Deckglas gestrichen war, schattenhafte, schwächste Andeutungen faseriger Strukturen, sowie eine alveolarsaumartige Bildung an der freien Oberfläche und um Luftblasen beobachtet. Weiterhin spricht auch die schon erwähnte Beobachtung über die Sichtbarkeit der schiefen Kreuzstreifung an feinen Fäden der mit Berlinerblau versetzten Gelatine für die Gegenwart der Struktur in der unveränderten Gallerte (s. oben p. 183). Ferner konnte, wie schon p. 183 und 185 betont wurde, an den in Wasser untersuchten Fäden von 50 %-Gelatine der Alveolarsaum recht gut, die gekreuzte Streifung dagegen andeutungsweise wahrgenommen werden. Doch vermögen diese Erfahrungen die Existenz der Struktur in der unveränderten Gallerte nur wahrscheinlich zu machen, nicht aber bestimmt zu beweisen. — Ebenso wenig ergaben die häufig angestellten Versuche über Eintrocknung von Gelatinestückchen verschiedener Konzentration (bis 50 %) unter der Luftpumpe (bei höchstens 1 cm Quecksilberdruck) ein positives Resultat, da die Stücke, wie ich schon früher (1896, p. 2) berichtete, stets glasig strukturlos eintrockneten. — Da die Erfahrungen über Gerinnung und Eintrocknung gezeigt hatten, dass die Strukturen um so besser auftreten, je dünner die so behandelten Schichten sind, habe ich später auch sehr dünne Schichten 20 %-Gelatine auf dem Deckglas unter der Luftpumpe eingetrocknet. An diesen Präparaten zeigte sich nun thatsächlich stellenweise eine wabenartige blasse Struktur ziemlich deutlich (s. Fig. 8 Taf. 21).

Wenn man sich die Bedingungen, unter welchen bei der Austrocknung im Vakuum die Erhaltung der Struktur unter Gaserfüllung eintreten kann (wie wir dies ja in vielen Fällen im Vorhergehenden näher schilderten), vergegenwärtigt, so kommt man zur Ueberzeugung, dass ein solcher Erfolg bei wasserhaltigen Gallerten überhaupt nicht zu erwarten ist. 1896 schien mir dies noch möglich; sehr bald danach wurde mir jedoch klar, dass eine solche Erscheinung bei Gelatine unmöglich eintreten kann, soweit wir die Vorgänge zu beurtheilen vermögen. Wie ich schon 1896 und auch in dieser Arbeit vielfach dargelegt habe, tritt die Gaserfüllung der Struktur

beim Austrocknen im Vakuum nur auf, wenn den Gerüstwänden zuvor das Wasser durch Alkohol etc. entzogen wurde, und sie auf diese Weise fest und widerstandsfähig gemacht wurden. Wie ich 1896 dargelegt habe, müssen wir annehmen, dass die Gerüstwände der Gelatinegallerte aus wasserhaltiger Gelatine bestehen, aus einem Gelatinehydrat (?), das biegsam und dehnbar ist. Die Gelatine der Gerüstwände hält daher beim Eintrocknen das Wasser bis zuletzt zurück, bleibt daher biegsam und dehnbar, auch nachdem alles freie Wasser aus den Hohlräumen verdunstet ist; das Wasser der Gerüstwände ist, da es chemisch gebunden ist, dasjenige, welches zuletzt verdunstet. Selbst wenn wir den Luftdruck im Vakuum ganz aufheben, kann dies, wenn die Gerüstwände bis zuletzt biegsam bleiben und geringe Festigkeit haben, nicht genügen, um ein Offenbleiben der Hohlräume mit Gaserfüllung zu veranlassen, wie leicht ersichtlich. Da nämlich die Hohlräumchen äusserst klein sind, wie wir sahen, nur ca. 0,7 μ Durchmesser haben, so kommt in ihnen, sobald ihre Wassererfüllung zu verdunsten anfängt, ein sehr hoher Kapillardruck zur Entwickelung [1]), welcher zur Folge haben muss, dass die nachgiebigen Wände der Hohlräume in dem Maasse, als das Wasser verdunstet, folgen und sich schliesslich ganz aufeinanderlegen müssen, d. h. dass die Hohlräumchen sich völlig schliessen. Nur wenn die Gerüstwände durch Wasserentziehung so gefestigt sind, dass sie diesem starken Kapillardruck zu widerstehen vermögen, kann eine Erhaltung der Struktur und Gaserfüllung eintreten.

Die Nichtberücksichtigung dieser Verhältnisse haben Steinbrinck (1896 u. 1897) und im Anschluss an ihn Kolkwitz (1897) in irriger Weise dazu geführt, meine Anschauungen über Quellungserscheinungen durch den Nachweis widerlegen zu wollen, dass die in Wasser gequollenen Zähne des Aussenperistoms der Mooskapseln auch im Vakuum schrumpfen. Schon das Studium meiner Arbeit von 1896 hätte sie lehren müssen, dass nur bei vorheriger Erhärtung und Festigung des Gerüstwerks die Schrumpfung ausbleibt und auch dann gewöhnlich nur geringer ist wie bei Austrocknung aus Wasser [2]).

Aus dem Vorhergehenden folgt also, dass wir gar keine Aussicht haben, auch beim Eintrocknen dünnster Gelatineschichten im absoluten Vakuum eine Erhaltung und Gaserfüllung der Struktur zu erzielen. Wenn nun dennoch, wie dies die Fig. 8 Taf. 21 zeigt, unter solchen Bedingungen eine wabenartige, etwas verschwommene, jedoch ziemlich viel gröbere Struktur auftritt, so kann dies bei sehr dünnen Schichten vielleicht darauf beruhen, dass beim Eintrocknen die wabigen Räume einsinken, die Wände dagegen erhöht stehen bleiben, was ebenfalls das Bild einer etwas verschwommenen wabigen Struktur geben muss.

---

1) Um dies sofort einzusehen, braucht man sich ja nur vorzustellen, dass durch Verdunstung eine kleine Gasblase im Inhalt einer Wabe entstanden sei. Der bei der Kleinheit dieser Blase ungemein hohe (eine Atmosphäre weit übersteigende) negative, nach dem Centrum der Blase gerichtete Kapillardruck, würde dieselbe, unter Einsinken der Wabenwand, sofort wieder zum Schwinden bringen. Es werden daher unter diesen Bedingungen keine Gasblasen auftreten.

2) Durch einen Aufsatz von Kamerling aufmerksam gemacht, hat jedoch Steinbrinck neuerdings (1898) eingesehen: „dass seine frühere Kritik der Bütschli'schen Wabentheorie vom physikalischen Standpunkt aus als nicht mehr ganz zutreffend gelten kann“. Ich darf mir daher eine Widerlegung der Steinbrinck'schen Einwände auf eine spätere Gelegenheit ersparen.

Die Unmöglichkeit, eine Struktur in der unveränderten wasserhaltigen Gallerte wahrzunehmen, spricht jedoch in keiner Weise gegen die Möglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit, dass die feine Wabenstruktur schon vorhanden ist. Wenn wir uns der oben (p. 173) mitgetheilten Erfahrung erinnern, dass die durch Alkohol hervorgerufene Struktur bei Behandlung mit Wasser fast ganz unsichtbar wurde, sich darauf jedoch durch Alkohol in genau der früheren Beschaffenheit wieder hervorrufen liess, so folgt daraus sicher, dass die fragliche Struktur auch im wasserhaltigen Zustand der Gallerte bestand, wenn auch völlig unsichtbar. Dies kann nur darauf beruhen, dass das Gerüstwerk der wasserhaltigen Gallerte so schwach lichtbrechend ist, dass ihrer Feinheit wegen die Sichtbarkeit der Struktur aufgehoben wird. Die Erfahrung lehrt ja, dass im Allgemeinen die Wahrnehmbarkeit feiner Strukturen einerseits um so schwieriger wird, je feiner sie werden und je geringer andererseits die Differenz zwischen der Lichtbrechung der beiden Substanzen ist, welche die Struktur durch ihre Vertheilung hervorrufen. Auf diese Weise wird es begreiflich, dass in der wasserhaltigen unveränderten Gallerte die Struktur nicht sichtbar sein kann, selbst wenn sie vorhanden ist. Die Möglichkeit, durch Färbungen die Struktur sichtbar zu machen, will ich zugeben, obgleich mir dies bei mannigfachen Versuchen nicht gelungen ist; jedenfalls ist dies nur bei äusserst dünnen Schichten möglich, da bei der Feinheit der Struktur das Farbenbild sofort in eine gleichmässig gefärbte Masse verschwimmen muss, sobald mehrere Schichten von Waben übereinander liegen.

Ausser den oben hervorgehobenen Erfahrungen, welche für die Existenz der Struktur in der unveränderten Gallerte sprechen, lassen sich nun noch eine Reihe gewichtiger Gründe angeben, welche diese Annahme unterstützen, ja ihre Richtigkeit sicherstellen, wie mir scheint. Erstarrte wässerige Gelatinegallerte ist ein fester Körper, wie sich in ihrem ganzen Verhalten klar ausspricht. Wird sie mit absolutem Alkohol behandelt, so wird sie noch fester, da derselbe ihr Wasser entzieht. Nun zeigen aber die feinen Schaumstrukturen, welche durch Alkohol in der Gallerte hervorgerufen werden, durchaus die charakteristischen Eigenthümlichkeiten eines flüssigen Schaumes, vor allen Dingen den bezeichnenden Alveolarsaum der freien Oberflächen und um Luftblasen oder eingelagerte sonstige Fremdkörper. Da nun bei der Einwirkung des Alkohols auf die Gelatinegallerte unmöglich eine vorübergehende Verflüssigung eintreten kann, welche erklärlich machte, dass das schaumige Gerinnungsprodukt die genannten charakteristischen Eigenschaften flüssiger Schäume annimmt, so folgt hieraus, dass die Struktur zu der Zeit entstanden sein muss, als die flüssige Gelatine zur festen Gallerte erstarrte; denn nur in diesem Zeitpunkt waren die Bedingungen zur Ausbildung der genannten Eigenthümlichkeiten gegeben.

Ganz die gleichen Ueberlegungen lassen sich auch für die faserigen Strukturen, die häufig in der zähflüssig aufgestrichenen Gelatine durch Alkohol erzeugt werden, anstellen und ebenso für die häufigen Reihungen von Waben, die auf Putzstreifen des Glases zurückzuführen sind. Auch diese Erscheinungen setzen zu ihrer Entstehung einen zähflüssigen Zustand voraus.

Die Gerinnung der Gallerte durch verdünnte Chromsäure führt zu entsprechenden Schlüssen. Obgleich die Behandlung mit konzentrirten Chromsäurelösungen Verflüs-

sigung der Gallerte hervorruft, welche aber dann auch dauernd flüssig bleibt, ist dies bei richtiger Anwendung der verdünnten Lösungen nicht der Fall. Die grosse Uebereinstimmung des Gerinnungsprodukts mit dem durch absoluten Alkohol hervorgerufenen, die sich selbst in der nahezu identischen Grösse der Waben zeigt, spricht durchaus dafür, dass die durch Chromsäure sichtbar gemachte Struktur dieselbe ist, welche auch der Alkohol hervorrief. — Dazu gesellen sich die gleichen Gründe, welche aus der deutlichen Ausbildung der Alveolarsäume und der gelegentlichen Faserung entnommen werden können, zum Beweis, dass es sich auch hier um das Sichtbarwerden einer präformirten Struktur handelt, die beim Uebergang der Gelatine aus dem zähflüssigen in den erstarrten Zustand entstehen musste.

Die Einwirkung der Chromsäure auf die Gelatine muss von tiefer gehenden Umänderungen begleitet sein, wie die des Alkohols, was schon aus der bekannten Thatsache zu entnehmen ist, dass chromsaure Salze am Licht die Gelatine in Wasser unlöslich machen. Jedenfalls muss aber das Sichtbarwerden der Struktur unter dem Einfluss der Chromsäure — vorausgesetzt, dass die Struktur präformirt war — gleichfalls und wesentlich dadurch bedingt werden, dass das Gerüstwerk der Gelatine eine Veränderung erfährt, wobei es einen grossen Theil seines Wassergehaltes verliert, bedeutend lichtbrechender, dichter und daher gut sichtbar wird.

Die Präformation der durch Chromsäure sichtbar werdenden Struktur dürfte ferner aus den häufig auftretenden Strahlungsfiguren um Luftblasen, sowie den unter Umständen sich daraus entwickelnden karyokinetischen Figuren und ebenso aus der schief gekreuzten Wabenstreifung geschlossen werden, welche die Chromsäure in den Gelatinefäden hervorruft.

Wollte man annehmen, dass die Chromsäure zunächst eine vorübergehende Verflüssigung der Gelatinegallerte bewirke, der eine Entmischung unter feinschaumiger Erstarrung oder Gerinnung folge, so könnten die beschriebenen Erscheinungen nicht zu Stande kommen, da sie voraussetzen, dass im schon erstarrten oder doch nahezu erstarrten Zustand der Gallerte eine Zugwirkung ausgeübt wird, welche sich in der eigenthümlichen Umbildung der Wabenstruktur ausspricht, die durch Chromsäure hervorgerufen wird. Eine solche Zugwirkung sehen wir aber schon vor der Chromsäurewirkung von den Luftblasen auf die umgebende Gelatine ausgehen, was ja durch die Untersuchung im polarisirten Licht bestimmt erwiesen wird; wogegen durch nichts wahrscheinlich gemacht werden kann, dass erst während der Chromsäurewirkung, also etwa auf ein, erst durch sie neugebildetes Schaumgerüst, die Zugwirkung ausgeübt werde. Gegen eine solche Deutung spricht durchaus die Erfahrung, dass an den betreffenden Figuren bei weiterer Einwirkung der Chromsäure keinerlei Veränderung mehr zu beobachten ist, was doch wohl zu erwarten wäre, wenn etwa unter dem Einfluss der Chromsäure eine Zugwirkung in oder an den Luftblasen hervorgerufen würde. Ganz bestimmt spricht jedoch gegen eine solche Auffassung die kreuzstreifige Struktur der ausgezogenen Fäden; denn in diesem Fall vermag die Chromsäure unmöglich eine Zugwirkung hervorzurufen, die Zugwirkung hat vielmehr hier bestimmt vor der Gerinnung auf die unveränderte Gallerte gewirkt. Berücksichtigen wir dies und die polariskopisch nachweisbare Zugwirkung der Luftblasen auf die umgebende unveränderte Gallerte, so wird auch für die um die Luftblasen auftretende Strahlung die Annahme fast sicher erwiesen, dass es sich um

eine schon vor der Wirkung der Chromsäure präformirte Struktur handeln muss, welche durch den Einfluss der Säure nur sichtbar gemacht wird.



Fig. 52.

Luftblase in Gelatine, die zwischen Objektträger und Deckglas erstarrt und stark mit Berlinerblau versetzt war. Die Luftblase zu dreiseitigem Spalt verkleinert, um den deutliche Strahlung der Berlinerblau-Körnchen und Hofbildung. Starke Vergrösserung und tiefe Einstellung.

Dass die Strahlung um Luftblasen schon vor der Behandlung mit Chromsäure besteht, zeigten deutlich die früher (p. 162) beschriebenen Präparate von Gelatine, die stark mit aufgeschwemmtem Berlinerblau versetzt und darauf zwischen Deckglas und Objektträger erstarrt waren. Die Berlinerblau-Körnchen besassen schon 1 — 1 1/2 Stunden nach Anfertigung der Präparate eine strahlige Anordnung um die Luftblasen, besonders deutlich um solche, welche durch Absorption stark geschrumpft waren. Dies zeigt die nebenstehende Textfigur 52 recht schön und gleichzeitig auch eine mehrfache Hofbildung, wie sie früher (p. 157) aus den mit Chromsäure behandelten Präparaten geschildert wurde. Die Hofbildung beruht auch hier auf wechselnder Dichte der Gelatine in den verschiedenen Zonen.

Von besonderer Bedeutung für die Beurtheilung der hier zu erörternden Frage erscheint die Erfahrung, dass die kreuz-streifig-wabige Struktur der 50% Gelatinefäden auch durch mechanische Dehnung, Pressung oder Biegung in der oben geschilderten Weise sichtbar gemacht werden kann. Diese Uebereinstimmung zwischen den Strukturen der Fäden, welche auf so ganz verschiedenem Wege sichtbar gemacht wurden, dürfte ein schlagender Beweis dafür sein, dass es sich um eine in der Gelatinegallerte präformirte Struktur handelt, die in beiden Fällen sichtbar wird.

Es wird sich nun zunächst fragen, warum eine präformirte feine Wabenstruktur bei der Dehnung der ziemlich eingetrockneten 50% Gelatinefäden in der geschilderten Weise sichtbar werden kann. Für Fäden wässeriger Gelatinegallerte ist nachgewiesen, dass bei der Dehnung das Verhältniss zwischen der Zusammenziehung in der Querrichtung und der Verlängerung in der Dehnungsrichtung ein solches ist (ca. 1/2), dass dabei das Volumen des Fadens sich nicht ändert. Es ist dies gleichzeitig, wie ich anderwärts genauer erörtert habe (s. 1896 p. 55—56) das Verhalten, welches man erwarten muss, wenn der Bau der Gelatinegallerte ein feinwabiger ist und ihre Dehnbarkeit in der Hauptsache auf der Streckung der Waben beruht. In unserem Falle handelt es sich jedoch um getrocknete, sehr wasserarme Gelatinefäden, deren Wassergehalt sich vielleicht auf einige Prozente taxiren lässt, deren Waben daher nahezu geschlossen sein müssen. Es wäre nun wohl zu vermuthen, dass bei der Dehnung solcher Fäden das Volumen sich nicht gleich bleibt, sondern sich analog wie bei der Dehnung der meisten Körper vergrössert. Obgleich ich direkte Messungen hierüber nicht angestellt habe, was nicht allzu schwer sein dürfte, scheint mir doch durch die einfache Betrachtung der Fäden dieses Verhalten sehr wahrscheinlich. Wäre dies der Fall, und ruft diese Volumvergrösserung eine Erweiterung der Waben hervor, so müssten sich dieselben mit Wassergas erfüllen und daher als scheinbar leere Räume nun scharf sichtbar werden. Obgleich zu einer wirklichen Beweisführung genauere Untersuchungen nöthig sind, halte ich doch die obige Erklärung

im Prinzip für wahrscheinlich und damit die Präformation der Struktur in der Gelatinegallerte weiterhin gestützt.

f) Erklärung des Entstehens der Kreuzstreifung bei der Dehnung wabiger Strukturen.

Um diesen Beweis jedoch zu vervollständigen, erscheint es nöthig, die Frage zu lösen, welchen Ursachen die so schön ausgeprägte kreuzstreifige Struktur der 50% Gelatinefäden ihre Entstehung verdankt. In meiner vorläufigen Mittheilung von 1895 vermochte ich es nicht, hierauf eine Antwort zu geben. Jetzt dagegen bin ich zur Ueberzeugung gelangt, dass die Lösung dieser Frage verhältnissmässig einfach ist. Ich verdanke die Anregung zu dem in den nachfolgenden Zeilen Entwickelten Herrn Prof. Ambronn, der mich darauf aufmerksam machte, dass Wabengerüste unter Zugwirkung eine Umgestaltung der Waben erfahren müssen, womit ein Hervortreten schiefer Kreuzungen verbunden sei. Diese Anregung weiter verfolgend, bin ich zu folgenden Ergebnissen gelangt.

Eine einfache Wabenschicht aus gleichgrossen Waben, die im Querschnitt, parallel der Fläche der Schicht, als regelmässige Hexagone erscheinen werden, muss wie nebenstehende Textfigur 53a zeigt, drei sich unter Winkeln von 60° schneidende Streifensysteme von in geraden Linien gereihten Waben zeigen. Diese drei Streifensysteme fallen naturgemäss wenig auf und treten bei etwas unregelmässiger Grösse der Waben gar nicht mehr hervor. Wird aber in der Richtung einer der drei Wabenreihen (z. B. in der Richtung y—y') ein Zug auf das Wabengerüst ausgeübt, so dass sich die sechseckigen Waben in dieser Richtung verlängern, dann treten die beiden sich schief mit der Zugsrichtung kreuzenden Streifensysteme sehr scharf hervor, während das in die Zugsrichtung fallende undeutlicher wird. Dabei dehnen sich die vier in die Richtung des Zugs fallenden Wände der Waben (a, c) stark und nähern sich der Zugrichtung an, wogegen die quer zur Zugsrichtung stehenden Wände (b) sich nicht verlängern, sondern sogar etwas in der Querrichtung verkürzen und daher auch verdicken. Die Ursache dieser Erscheinung ist leicht zu verstehen. Während im ungedehnten Zustand die Begrenzungen der drei Streifensysteme aus regelmässig unter Winkeln von 120° gebrochenen Zickzacklinien bestehen, deren Theilstücke alle gleich gross sind, werden im gedehnten Zustand alle quer gereihten Stücke b der Zickzacklinien viel kleiner als die gedehnten schiefen, welche jetzt unter stumpferem Winkel zusammenstossen. Der Erfolg dieser Umänderung muss daher sein, dass nun diese Zickzacklinien sich deutlicher als zusammenhängende Linien ausprägen und auf solche Weise zwei schief gekreuzte Streifen-

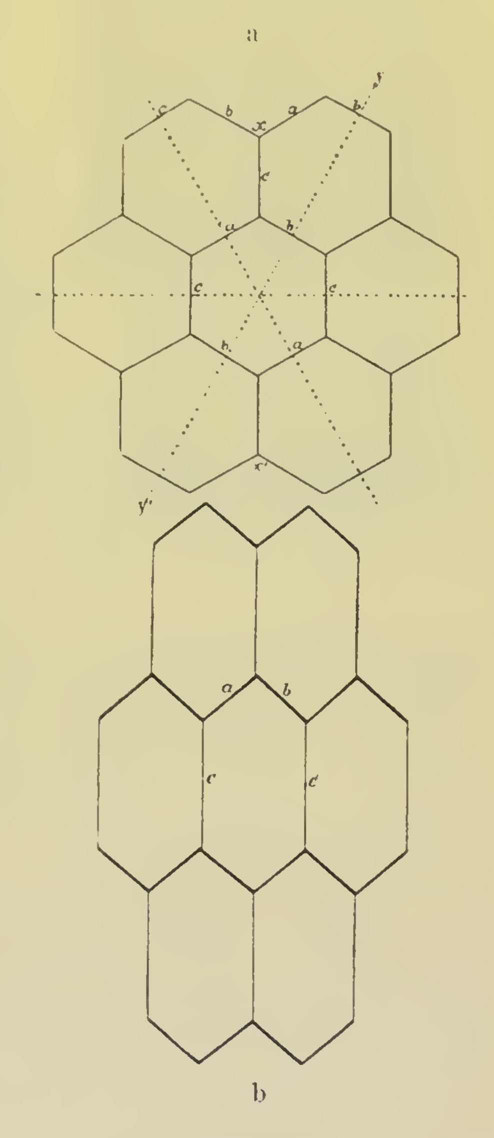


Fig. 53.

Schemata eines regelmässigen Wabengerüstes. a im ungedehnten Zustand, b nach Dehnung in der Richtung x x'.

systeme hervortreten, die sich natürlich unter einem Winkel kreuzen, der kleiner als 120° ist. Bei relativ nicht sehr starker Dehnung kann die Unterbrechung durch die queren Theilstücke der Zickzacklinien (b) schon so wenig auffällig werden, dass dieselben nur als verdickte Knotenpunkte an den Kreuzungsstellen beider Streifensysteme erscheinen.

a b

Fig. 54.

Kautschukschlauch mit aufgezeichnetem Wabensystem, so dass eine der drei Streifenrichtungen des Systems mit der Längsachse des Schlauchs zusammenfällt. a ungedehnt, b etwa auf die dreifache Länge gedehnt.

Dass das in obiger Auseinandersetzung mehr deduktiv entwickelte Verhalten richtig ist, davon kann man sich unschwer überzeugen, wenn man auf einem Kautschukschlauch ein solches Wabensystem so aufzeichnet, dass eine der Wabenreihen mit der Längsrichtung des Schlauchs zusammenfällt und den Schlauch dann auf das zwei- bis dreifache der ursprünglichen Länge dehnt. Die nebenstehenden Photographien, Textfigur 54, geben die Bilder eines derartigen Schlauchs im ungedehnten (a) und gedehnten Zustand (b); die Wabenzeichnung wurde auf den Schlauch mit einer Zeichenfeder aus freier Hand und daher ohne besondere Regelmässigkeit aufgetragen. Um so überraschender ist das Ergebniss bei der Dehnung, wo die schief gekreuzte Streifung in der oben geschilderten Weise ungemein deutlich hervortritt.

Man kann sich die Veränderungen, welche ein regelmässig hexagonales Wabensystem bei der Dehnung in verschiedenen Richtungen erleidet, auch an einigen Streifen von feinem Tüll mit regelmässig hexagonalen Maschen sehr schön klar machen, wie dies die untenstehenden Photographien, Textfig. 55, zeigen. Ganz so schön wie auf dem Kautschukschlauch zeigten sich jedoch die Erscheinungen nicht, da die Fäden des verwendeten Gewebes wenig elastisch waren. An einem aus dehnbaren Fäden hergestellten derartigen Gewebe müssten sich die Ergebnisse ebenso schön gestalten wie am Kautschukschlauch.

Wenn ein regelmässiges Maschenwerk, wie es Fig. 53a darstellt, nicht in der Richtung eines der drei erwähnten Streifensysteme gedehnt wird, sondern, um gleich den extremsten Fall der Abweichung zu wählen, in der Richtung $x x^1$ (s. Textfig. 53), so treten anfänglich, wie dies namentlich die Tüllstreifen sehr schön zeigen (s. Textfig. 55b und d), zwei schief gekreuzte Streifensysteme sehr kräftig hervor, welche dadurch entstehen, dass die gebrochenen Zickzacklinien ac, ac und bc, bc deutlicher werden, da die Winkel ihrer Knickungen sich verflachen und die Linien daher stärker als zusammengehörige imponiren. Bei starker Dehnung verändert sich jedoch das Bild, indem eine ausgesprochene Querstreifung hervortritt. Dies beruht darauf, dass bei der Dehnung die Maschenwände c sehr stark verlängert und verdünnt werden, viel weniger dagegen die schief zur Dehnungsrichtung ziehenden Wände a und b (s. Textfig. 53b), weshalb diese bei starker Dehnung dicker erscheinen und in der Querrichtung zusammengerückt, so dass sie nun als Querstreifen stark hervortreten. Dies lässt sich an dem Kautschukschlauch gut demonstriren.

Aus vorstehenden Betrachtungen und Erfahrungen folgt also, dass das Wabengerüst eines gedehnten Fadens stets eine mehr oder weniger deutliche schief kreuzstreifige Struktur erlangen muss und dass sich daher diese Struktur in den Fäden der 50 % Gelatine wohl bestimmt in angegebener Weise durch Umformung eines präformirten Wabengerüstes bei der Dehnung erklärt. Je kleiner die Elemente eines solchen Gerüstes sind, desto deutlicher muss im Allgemeinen die Kreuzstreifung erscheinen; da es sich dabei stets um geknickte Linien handelt, welche als Streifensysteme imponiren, so werden dieselben um so bestimmter als durchgehende Linien erscheinen, je kleiner die einzelnen, sie zusammensetzenden Elemente sind.

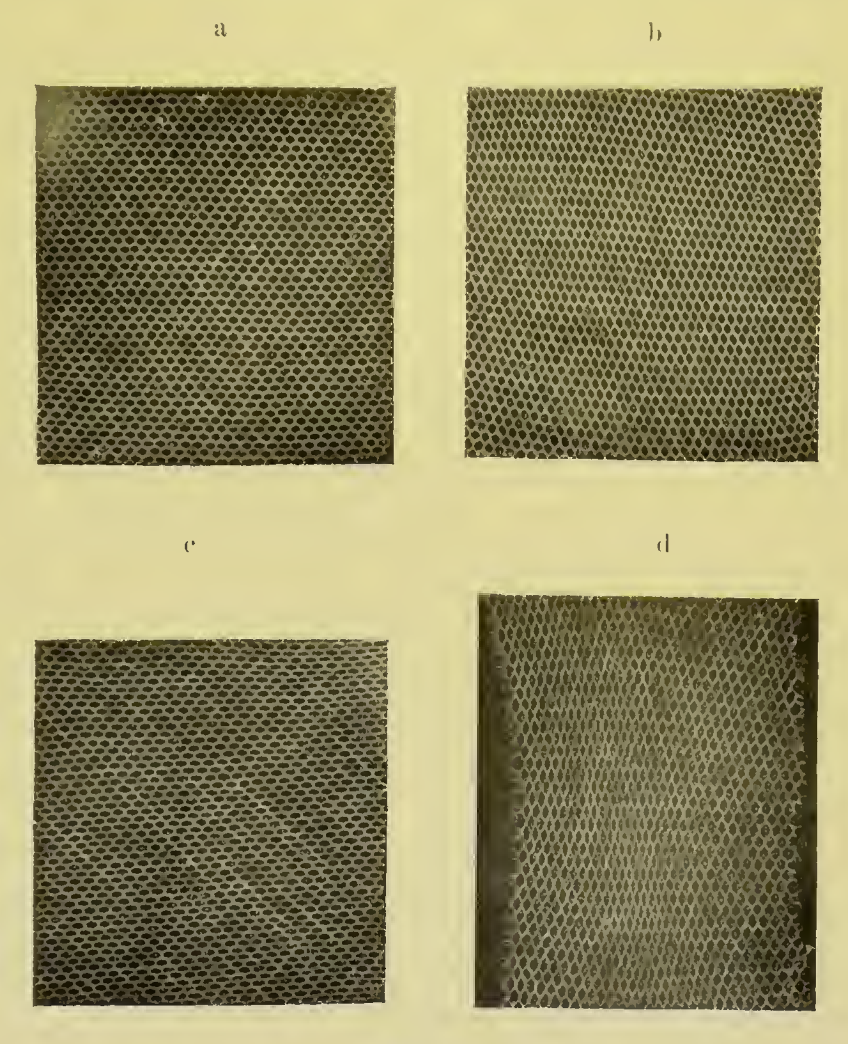


Fig. 55.

Tüllstreifen. a ungedehnt; b und d in der Richtung von oben nach unten gedehnt, also in der Richtung x x′ von Textfigur 53; c von der Richtung von rechts nach links gedehnt, also in der Richtung y y′ von Textfigur 53.

So weit sich urtheilen lässt, scheint mir die erst geschilderte Bildungsart der beiden schief gekreuzten Streifensysteme, d. h. diejenige, bei der die Dehnungsrichtung mit der Richtung eines der drei ursprünglichen Systeme von Wabenreihen zusammenfällt, diejenige zu sein, welche bei der Entstehung der Kreuzstreifung der Gelatinefäden in Betracht kommt. Ich schliesse dies namentlich daraus, dass man bei Schäumen, die einem Zug unterworfen werden, stets beobachtet, dass die Waben die Tendenz haben, sich zu Reihen, die der Zugsrichtung folgen, hintereinander zu ordnen. Dieses Verhalten, welches sich auch bei der Herstellung der Gelatinefäden äussern muss, wird bewirken, dass bei ihnen die oben erwähnte Bedingung realisirt ist, dass nämlich die Zugsrichtung mit einer der Längsrichtung der Fäden entsprechenden Wabenreihung zusammenfällt.

Wenn der eben dargelegte Erklärungsversuch der schiefen Kreuzung der Gelatinefäden richtig ist, so muss sich die gleiche Erscheinung auch an Fäden künstlich hergestellter Emulsionen hervorrufen lassen, obgleich weniger deutlich, wegen der bedeutenderen und unregelmässigeren Grösse ihrer Waben. Da dieser Nachweis einen wichtigen Beleg für die Richtigkeit der obigen Ableitungen bilden muss, habe ich mich bemüht, aus möglichst feinen Gelatine-Oelemulsionen, wie sie oben (p. 35 ff.) näher geschildert wurden, derartige Fäden herzustellen. Es gelingt dies, selbst wenn die Gelatine sehr konzentrirt und dem Erstarren nahe ist, viel schwieriger als mit reiner Gelatine, da solche Emulsionen sich schlecht zu Fäden ausspinnen lassen, viel-

mehr meist sofort reissen. Leicht kommt man dagegen zum Ziel, wenn man die Emulsion aus einem Kapillarrohr in 70% Alkohol bläst. Auf diese Weise erzielt man sehr schöne Fäden, die man nach der Herausnahme aus dem Alkohol dehnen und im gedehnten Zustand erstarren lassen kann. Derartige, stark gedehnte Fäden zeigen nach der Auflösung des Oels und der Aufstellung in Kanadabalsam eine ganz prächtige längsfaserige Struktur, wie Photogr. 7 Taf. 21 lehrt, an der auch Andeutungen einer sehr steilen schiefen Kreuzstreifung zu sehen sind. An nicht besonders gedehnten und auf die gleiche Weise präparirten Fäden habe ich namentlich bei tiefer Einstellung und schwacher Vergrösserung eine schief gekreuzte Streifung ziemlich kenntlich wahrgenommen, doch war dieselbe nicht so ausgesprochen, dass es mir gelungen wäre, sie durch Photographie genügend wiederzugeben und jeden Zweifel zu beseitigen. Die Gelatine-Oelemulsionen, und besonders die zur Herstellung der erwähnten Fäden verwendeten, sind, selbst wenn sehr fein, doch recht unregelmässig in der Wabengrösse. Zu deutlicher Hervorbildung der schiefen Streifung ist jedoch erforderlich, dass die Waben möglichst gleich gross sind. Bei sehr unregelmässiger Wabengrösse kann die Struktur überhaupt nicht zur Ausbildung gelangen. Die Waben der erwähnten Emulsionsfäden waren ziemlich grob und unregelmässig, beides Gründe, welche einer deutlichen Ausbildung der Struktur im Wege standen.

Mit einer später hergestellten, relativ sehr feinen Emulsion, die mit Berlinerblau versetzt war, gelang es auf dem Objektträger einen verhältnissmässig sehr feinen, stark gedehnten Faden auszuziehen, der nach Ueberführung in Kanadabalsam die steile schiefe Kreuzstreifung so deutlich und bestimmt zeigte, dass keine Zweifel mehr über ihre wirkliche Existenz verblieben (Photogr. 9, Taf. 18). Die wegen der starken Dehnung sehr steile Kreuzstreifung ist an vielen Stellen so deutlich, dass der Winkel φ ziemlich gut zu bestimmen ist; er erwies sich, als Ergebniss aus sieben Bestimmungen, die zwischen 44° und 60° schwankten, zu durchschnittlich 48°. Wie gesagt, ist der Bau solcher Emulsionsfäden wegen der Ungleichheit der Waben kein sehr regelmässiger. Grössere und kleinere bis kleinste Waben sind hier unter einander gemischt. Bei ungefähr gleicher Vertheilung der verschiedenen Waben wird auch hier eine Kreuzstreifung zu Stande kommen, indem die kleineren Waben sich in den Zwischenwänden der grösseren vertheilen; daher wird die auftretende Spiralstreifung relativ grob und ist wesentlich bedingt durch die Anordnung der groben Waben, tritt daher auch bei mässiger oder schwacher Vergrösserung deutlicher hervor.

Liefern diese Erfahrungen an den Emulsionsfäden eine erwünschte Bestätigung unserer Ansicht über das Entstehen der Spiralstreifung, so folgt weiter, dass auch beliebige andere, schaumig gerinnende und dabei fädig ausgezogene Substanzen schiefe Doppelstreifung zeigen müssen. Ich habe mir daher die Präparate der schon früher (p. 48) erwähnten, durch Ausziehen von Gummi-arabicum-Lösung in Alkohol hergestellten Fäden von neuem betrachtet und dabei die Vermuthung völlig bestätigt gefunden. Besonders deutlich tritt die Erscheinung an einem ziemlich breiten Faden hervor, der eigentlich ein dünnes in der Querdimension konkav gekrümmtes Band ist. Aus diesem Grunde ist derselbe nur wenige Wabenlagen dick und deshalb, trotz Gaserfüllung der Waben, hinreichend durchsichtig. Die gekreuzte Streifung tritt an diesem Fadenband bei tiefer Einstellung, d. h. tief auf die tiefste Lage der Waben,

sehr kenntlich hervor, wie Photogr. 9 Taf. 20 bei 980facher Vergrösserung zeigt; doch ist sie auch bei höherer Einstellung genügend zu sehen.

Die auf p. 49 erwähnten, durch Ausziehen einer stark eingedickten Gummilösung in Luft erhaltenen feinen Fäden wurden nach ihrer Herstellung in 95 % Alkohol gebracht, darauf nach einiger Zeit mit Pinzetten zu dehnen versucht und getrocknet. Das Dehnen der Fäden gelingt jedoch kaum, da sie sehr brüchig sind. Bei mikroskopischer Untersuchung in Luft ergab sich, dass einige Fäden streckenweise und oberflächlich eine ebenso schöne, feine Kreuzstreifung zeigen, wie sie von den gedehnten 50 % Gelatinefäden geschildert wurde. Weisse Stellen traten bei der versuchten Dehnung der Fäden nicht hervor. Wie gesagt, ist die kreuzstreifige Struktur hier eine ganz oberflächliche, d. h. nur in einer ganz dünnen oberflächlichen Schicht deutlich. Ihre Beschaffenheit ist ganz ebenso wie die der gedehnten Gelatinefäden, so dass die Photographien dieser auch als Bild jener Struktur dienen können. Auch die Feinheit der Struktur entspricht der bei Gelatine beobachteten.

Ferner wurden auch aus eingedicktem Collodium duplex in Luft feine Fäden ausgezogen, was ziemlich leicht gelingt, wenn auch nur kurze Fädchen zu erhalten sind. Die Fäden wurden an der Luft etwas getrocknet und dann gleichfalls mit Pinzetten zu dehnen gesucht. Auch hier ist jedoch eine merkliche Dehnung wegen der Brüchigkeit nicht zu erzielen; auch traten weisse Stellen an den Fäden nicht hervor. Die Fäden wurden schliesslich noch im Wärmeschrank einige Stunden getrocknet. Die mikroskopische Untersuchung zeigte auch an mehreren dieser Collodiumfäden (optisch positiv) streckenweis eine sehr schöne und feine, schiefe Kreuzstreifung, genau von der Beschaffenheit jener der Gelatinefäden. Der wabige Bau der Struktur ist vortrefflich zu erkennen, namentlich deshalb, weil nur eine ganz dünne oberflächliche Schicht die Struktur zeigt, wie bei den Gummifäden. Der optische Durchschnitt lässt erkennen, dass es sich nur um eine einzige Wabenschicht handelt. Da die Zahl der Abbildungen eine so grosse geworden ist, so verzichtete ich darauf, die geschilderte feine Kreuzstreifung der Gummi- und Collodiumfäden durch Abbildungen zu erläutern, was auch um so eher unterbleiben kann, da die Uebereinstimmung mit den von den Gelatinefäden gegebenen Figuren eine fast vollkommene ist.

Am Merkwürdigsten erscheint jedoch, was ich erst nach Schluss des Manuskripts zu ermitteln vermochte, dass auch die Fäden, welche man aus geschmolzenem Kanadabalsam ausziehen kann, häufig ganz die gleiche Struktur zeigen. Diese Fäden lassen sich sehr fein gewinnen. Auch sie zeigen fast stets nur eine ganz oberflächliche, jedoch häufig hervorragend schöne Spiralstreifung, deren Natur, d. h. ihre Zusammensetzung aus sich schief kreuzenden Reihen feinster Waben, bestimmt zu erkennen ist. Interessant erscheint ferner, dass man bei diesen Versuchen häufig auch ungemein dünne Lamellen von Kanadabalsam erhält, welche dann stets einen überraschend schönen, einschichtigen Wabenbau zeigen. Da es sich hierbei um die Erstarrung eines geschmolzenen Körpers handelt, so müssen in diesem Falle Vorgänge im Spiel sein, wie sie oben (p. 134 ff.) bei der Erstarrung und Krystallisation der Schwefeltropfen erörtert wurden.

Nach diesen Erfahrungen kann ich nicht daran zweifeln, dass thatsächlich die Ausbildung der kreuzstreifigen Struktur eine allgemeine Erscheinung bei der Dehnung

wabig gebauter Körper ist und dass die oben für diese Erscheinung gegebene Erklärung im Wesentlichen das Richtige getroffen haben dürfte.

g) v. Ebner's Untersuchungen über Fäden kolloidaler Substanzen.

v. Ebner hat sich schon 1882, ausgehend von den optischen und Quellungserscheinungen der faserig gebauten organisirten Gewebe, die Frage vorgelegt (p. 226), ob „ein Faden kolloidaler Substanz, wenn er während der Erhärtung einem Druck ausgesetzt wird, der den Faden in allen Richtungen senkrecht zur Längsachse komprimirt, eine faserige Struktur annimmt". Da sich ein solcher Versuch mechanisch nicht leicht ausführen liess, so „wurde statt des mechanischen Drucks Wasserentziehung durch absoluten Alkohol substituirt," d. h. Lösungen der kolloidalen Substanz wurden theils mit der Spritze in absoluten Alkohol gespritzt und so zur Gerinnung gebracht, oder aus der dicken Lösung auf andere Weise Fäden ausgezogen und in Alkohol geronnen. Auf diesem Wege gelang es v. Ebner, Fäden und fädige Bildungen aus filtrirtem Hühnereiweiss, thierischem Schleim (der Rachenschleimhaut, oder von Schnecken), Gelatine, Gummi arabicum und Kirschgummi herzustellen, welche mehr oder weniger deutlich fein fibrillär waren und die sich zum Theil auch durch Zerfaserung in einzelne Fibrillen zerlegen liessen. Fernerhin erwiesen sich diese Fäden natürlich auch anisotrop, mit der optischen Achse parallel der Faserrichtung, sowie, mit Ausnahme des sich bekanntlich umgekehrt verhaltenden Kirschgummis, optisch positiv. Wie schon aus obigem Gedankengang hervorgeht, hat v. Ebner über die Ursachen der fibrillären Beschaffenheit solcher Fäden wesentlich andere Ansichten als ich, wenn er auch nicht ausführlicher darüber handelt. Die Vorstellung, dass die Wirkung des Alkohols einem seitlichen Druck zu vergleichen sei, der durch Wasserentziehung wirke, und dass die fibrilläre Struktur eine Folge dieses Druckes sei, scheint mir nicht haltbar. Wenn ja auch durch die Wasserentziehung ein gewisser Seitendruck hervorgerufen wird, so spielt er doch bei der Fibrillenbildung schwerlich eine Rolle oder unterstützt doch nur die Hauptursache, nämlich die Ausziehung des Fadens im Moment der Gerinnung und die dadurch hervorgerufene faserige Umgestaltung des durch Gerinnung gebildeten Schaumgerüstes. Ein seitlicher Druck könnte ja, soweit unsere Erfahrungen reichen, eine fibrilläre Umgestaltung des Schaumgerüstes nur dann hervorrufen, wenn er eine Dehnung des Fadens bewirkte, was aber in den obigen Fällen ausgeschlossen ist. Dagegen könnte der Seitendruck, resp. die Schrumpfung des Querschnitts eine feine konzentrische Schichtung bewirken, die ja auf Längsschnitten wie eine fibrilläre Struktur erscheint. Wie gesagt, ist daher zuzugeben, dass der seitliche Druck die fibrilläre Umgestaltung des Schaumgerüstes bei der Fadenbildung zu unterstützen vermag. Doch scheint v. Ebner selbst auch geneigt, die Dehnung oder das Ausziehen der Fäden für die eigentliche Ursache der fibrillären Struktur zu halten; wenigstens geht dies aus mehreren Stellen hervor, wo er die „Spannung", welcher die Fäden bei der Gerinnung ausgesetzt sind, für das Wirkende erklärt; da er keine genaueren Untersuchungen über den Gerinnungsprozess, welchen der Alkohol hervorruft, anstellte, so musste ihm die eigentliche Ursache der Fibrillenbildung verborgen bleiben; wenigstens scheint er sich, soweit ich es verstehe, die Wirkung des Alkohols als eine einfache Wasserentziehung unter Volumverminderung zu denken und nur bei der Bildung des

Fibringerinnsels berücksichtigt er in gewissem Grade den Einschluss von Flüssigkeit in die gerinnende Gallerte.

Endlich hält es v. Ebner für möglich, dass „zwischen dem Krystallisationsprozess und der Bildung von Fibrillen eine nahe Beziehung bestehe" (p. 229), eine Vorstellung, die er aus Untersuchungen von Bartin und Kloke über die Orientirung der Eiskrystalle in gefrierendem Wasser schöpft. Obgleich sich ja auch aus meinen Erfahrungen über die feineren Strukturverhältnisse krystallinischer und nicht krystallinischer Körper gewisse eigenthümliche Analogien und Uebereinstimmungen ergeben haben, könnte ich mich doch nicht entschliessen, eine solche Uebereinstimmung zwischen Krystall und Fibrille für wahrscheinlich zu erachten. Das was wir über die Bildung der Fibrillen in den gerinnenden Fäden ermittelten, lässt sich mit der Bildungsgeschichte krystallinischer Fibrillen nicht sicher vereinigen. Vorerst wenigstens halte ich dies, wie gesagt, nicht für durchführbar, wenn es mir auch nicht ausgeschlossen erscheint, dass sich vielleicht bei weiterem Eindringen in diese schwierigen und subtilen Verhältnisse doch nähere Beziehungen ergeben könnten.

VII. Agar-Agar und Traganthgummi.

Agar. Das in den Handel gebrachte Agar-Agar besteht in glasig durchsichtigen, runzelig-faserigen, platten Fäden. In Wasser quellen sie sehr stark auf und werden dabei rasch weisslich opalisirend, viel stärker, als dies bei Gelatine der Fall ist. Die mikroskopische Untersuchung feiner, mit dem Rasirmesser angefertigter Schnitte der gequollenen Fäden ergiebt, dass die Masse viele Verunreinigungen enthält, wie Algenzellen, Stärkemehlkörner und dergleichen. Gleichzeitig lässt sich jedoch eine feinwabige Struktur der Grundmasse ziemlich gut erkennen. Viel deutlicher trat diese aber an solchen Schnitten hervor, welche unter dem Deckglas eingetrocknet waren. An manchen Stellen erschien sie unregelmässig wabig, an anderen dagegen prachtvoll faserig-wabig, wie die Photographie Fig. 8 Taf. 2 (V. 450) von einem ausgetrockneten Schnitt recht gut zeigt, obgleich die eingelagerten Verunreinigungen etwas stören.

Eine 1—2 % gutfiltrirte Agarlösung, in dünner Schicht auf den Objektträger gestrichen und mit einem Deckglas bedeckt, zeigte nach dem Erstarren kaum etwas Deutliches von Struktur. Nach Verlauf einiger Tage und ziemlich starkem Eintrocknen trat eine feinwabige Struktur recht deutlich hervor.

In meiner Arbeit von 1896 habe ich schon genauer dargelegt (p. 8—9), dass 1 % Agargallerte, die durch Alkohol in Xylol oder Chloroform übergeführt ist, sowohl beim Trocknen im Vakuum als im Wärmeschrank unter starker Schrumpfung schliesslich weiss und lufthaltig wird und dass solche Stücke auf feinen Schnitten eine faserig-wabige Struktur zeigen.

Traganthgummi. Das ziemlich trübe, hornartige Gummi Traganth des Handels hat ein etwas faseriges Aussehen, als wenn es in einer Richtung ausgezogen worden wäre. In Wasser zum Quellen gebracht, treten zahlreiche kleine Luftbläschen an ihm auf, eine Erscheinung, welche ganz an das Austreten der Luft aus der eingetrockneten lufthaltigen Kieselsäuregallerte oder dem Tabaschir erinnert. Dabei werden kleinere Stücke auch durchsichtiger als im trockenen Zustand, was gleichfalls an das Verhalten lufthaltiger, wabig-strukturirter Körper erinnert. Bei längerem Liegen in Wasser quillt das Gummi schliesslich ungemein auf und wird so zerreiblich, dass die Anfertigung feiner Schnitte unmöglich ist. An feineren Schnitten des trockenen Traganths kann man eine feine Wabenstruktur von hie und da auch ausgesprochen fasrigem Charakter deutlich erkennen. Bei Zusatz von Wasser schwindet die Struktur jedoch fast momentan.

Wurde gequollener Gummi unter dem Deckglas eingetrocknet, so zeigte die in netzartigen Zügen eingetrocknete Masse hier und da sehr blasse Wabenstruktur; immerhin deutlich genug, um ihre Existenz als gesichert zu betrachten.

Obgleich die Untersuchungen über Agar und Traganth wenig eingehende sind, so dürften sie doch ausreichen, um auch bei diesen stark quellenden Substanzen den wabigen Bau zu erweisen.

VIII. Untersuchungen über künstliche und natürliche Cellulosegebilde.

1. Künstlich dargestellte Cellulosegebilde.

Sphären. Eine ganz klare Lösung von Baumwolle in wirksamem Kupferoxyd-Ammon[1]), die durch Glaswolle sorgfältig filtrirt war, ergab beim Eintrocknen einer dünnen Schicht auf dem unbedeckten Objektträger eine blaugefärbte zusammenhängende Membran. Durch verdünnte Salzsäure liess sich das abgeschiedene Kupfer unter Entwickelung von Kohlensäure ausziehen, wobei sich die Haut gewöhnlich vom Objektträger ablöste, ohne dabei zu zerfallen. — Mit wässerigem Kongoroth färbte sie sich sehr intensiv. — Die feine Struktur ergiebt sich bei Untersuchung mit starken Vergrösserungen und bei Betrachtung in Wasser oder nach Einschluss gefärbter Präparate in Harze als sehr schön globulitisch-wabig, d. h. von jenem schwierig zu entziffernden feinen Bau, den wir schon bei eingetrockneten Inulinschichten, Harzen und anderem kennen lernten und der sich am ehesten deuten lässt, als entstanden durch eine Aggregation feinster bis ein wenig gröberer

[1]) Das Kupferoxyd-Ammon war mit frisch destillirtem Ammoniak und reinen, mit Alcohol-Aether von Fett befreiten Kupferfeilspähnen bereitet.

Globuliten, unter theilweiser Verschmelzung und Verwachsung zu einem feinen Maschenwerk, das kleine wabenartige Hohlräumchen in dichter Zusammenordnung umschliesst. Verfolgt man das Eintrocknen unter dem Mikroskop, so sieht man massenhaft frei bewegliche Globuliten von feinster bis mässiger Grösse auftreten, was natürlich die Wahrscheinlichkeit, dass die wabig-globulitische Beschaffenheit der Membran in der angegebenen Weise entsteht, wesentlich unterstützt. Dass dennoch auch ein Entmischungsvorgang dabei betheiligt sein kann und zu einem wirklichen Wabenbau führt, kann nach den Erfahrungen an Gummilösungen etc. nicht ganz verneint werden, um so weniger, als sich in solchen Häuten häufig Stellen finden, deren Struktur einen vollkommen feinwabigen Charakter besitzt.

Wurde das Eintrocknen auf dem Objektträger verlangsamt durch Bedecken mit einer niederen Schale, so bildete der Rückstand keine zusammenhängende Haut, sondern ein globulitisch-unregelmässiges Material, ähnlich dem beim Trocknen von Harzlösungen erhaltenen, mit Neigung zu reihiger Anordnung der Globuliten und zur Gruppirung in sphärischen Bildungen. Dazwischen fanden sich jedoch auch ganz entschieden krystallinische Cellulosebildungen, die sich schon vor der Entfernung des Kupfers durch ihre Farblosigkeit als nicht kupferhaltig erwiesen und sich, nach Auflösen des Kupfers, mit Kongoroth lebhaft färbten. — Von diesen eigenthümlichen Gebilden giebt die nebenstehende Textfig. 56 eine ungefähre Vorstellung, ohne jedoch ihre grosse Mannigfaltigkeit genügend zu illustriren. Im Allgemeinen handelt es sich um sehr dünne, annähernd kreisrunde Scheibchen, deren Umriss nicht selten auch etwas unregelmässig bis zerrissen erscheint. — Recht häufig sind auch halbe Scheiben, die wie mitten durchschnitten erscheinen und deren Entstehung wohl daher rührt, dass sie mit der geraden Durchschnittsfläche dem Objektträger, resp. auch anderen Scheiben, aufgewachsen waren; wozu grosse Neigung besteht, wie gleich darzulegen ist. Sehr gewöhnlich ist nämlich, dass einer derartigen Scheibe eine oder mehrere Halbscheiben senkrecht oder schief aufsitzen; so sind in Textfig. 56 d der horizontalliegenden Halbscheibe zwei weitere aufgesetzt, die sich in verschiedenem Winkel erheben; ebenso erklären sich die Figuren b und c wohl sicher dadurch, dass den horizontalen Grundscheiben eine grössere Zahl unvollständiger aufgewachsen sind und eine Art Büschel formiren. Diese Bildungen erinnern daher sehr an die feinen Scheibchen des kohlensauren Kalks und ihre Verwachsungen, die früher beschrieben wurden (s. p. 112) und die unter gewissen Bedingungen bei langsamer Einwirkung halbverdünnter Lösungen von K_2CO_3 und $CaCl_2$ aufeinander entstehen. Die Aehnlichkeit wurde noch dadurch vermehrt, dass gelegentlich auch spiralige Zeichnungen auf den Celluloseschcibchen vorkamen, welche jenen der Kalkscheibchen

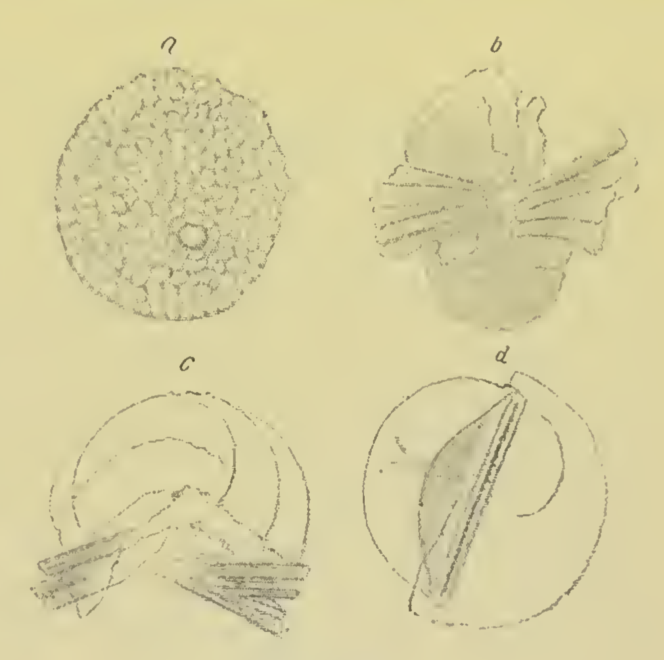


Fig. 56.

Scheibenförmige kleine Cellulosegebilde aus der auf dem Objektträger eingetrockneten Lösung von Baumwolle in Kupferoxyd-Ammon. Obj. 2, Oc. 12.

(s. p. 113, Fig. 36) sehr ähnlich waren. — Meist liessen diese Celluloseschеiben nur wenig von feinerer Struktur erkennen, weder Strahlung noch Schichtung. Dennoch fanden sich gelegentlich auch solche, die, mit Kongoroth gefärbt, eine ganz unverkennbare Wabenzeichnung aufwiesen (Textfig. 56 a), mit einem etwas excentrisch gelegenen Centrum, jedoch ohne ausgesprochene Schichtung. Auch auf dem optischen Durchschnitt aufrechtstehender Scheiben, wie ihn Textfig. 56 d von der Basis der am steilsten aufsteigenden Scheibe zeigt, konnte man zuweilen eine Andeutung von Wabenbau erkennen, der auf eine Zusammensetzung aus zwei Wabenlagen in der Dicke hinwies; doch fanden sich gelegentlich auch Durchschnitte, die nur eine Wabenschicht zeigten. Nur zweimal wurden Halbscheiben mit deutlich konzentrischer Schichtung und Andeutung von Wabenbau, ähnlich flachen Inulinsphären, beobachtet. Häufig sind die Scheiben von Radiärsprüngen durchsetzt. Die beschriebenen Gebilde polarisirten nicht merkbar, was wegen ihrer grossen Dünne, wenigstens in der Flächenansicht, auch nicht zu erwarten war.

Durch diese Erfahrungen auf die Neigung der Cellulose zu sphärokrystallinischer Ausbildung hingewiesen, versuchte ich die schon früher beim Inulin verwerthete Methode zur Erzeugung flacher Sphären, d. h. ich dampfte auf dem Wasserbad eine grössere Partie Celluloselösung in einem flachen Schälchen ein, in welches einige Deckgläser gestellt waren, in der Hoffnung, dass sich auf diesen Cellulosesphären bilden würden. Diese Vermuthung wurde völlig bestätigt. Der auf den eingestellten Deckgläsern oder Objektträgern in dieser Weise erzielte Absatz bestand zum grössten Theil aus kleinen, sehr schönen Sphären verschiedener Grössen, bis zu ganz feinen herab, die entweder zerstreut in einer feinwabig-globulitischen, bei schwächerer Vergrösserung glasig erscheinenden Cellulosemasse eingebettet waren, oder die so dicht zusammenstiessen, dass sie sich unter gegenseitiger Abplattung zu einer förmlichen Membran anordneten (s. Fig. 10 Taf. 11). Wie bemerkt, war die Grösse dieser Sphären im Ganzen gering; ohne besondere Messungen angestellt zu haben, schliesse ich hierauf aus den hergestellten Photographien, unter denen Fig. 7 a—b Taf. 12 die grösste Sphäre ist und einen Durchmesser von 18 μ besitzt. Die kleineren lassen sich schon danach und nach den übrigen Photographien beurtheilen, da man sich ja nur die inneren Schichtenkomplexe successive als kleinere Sphären vorzustellen braucht. Die kleinsten, oder das Centrum der Fig. 7 photographirten, hätten danach einen Durchmesser von ca. 2—3 μ. — Der feinere Bau der Sphären hat, soweit ich ihn verfolgen konnte, grosse Aehnlichkeit mit dem der Calcosphäriten und dem gewisser Amylumsphären, die wir später noch schildern werden. Einerseits finden sich ganz homogen erscheinende Sphären, die von Struktur nichts Bestimmtes erkennen lassen (s. Fig. 10 Taf. 11); andererseits solche mit Andeutung strahliger Struktur, die im Centrum nicht selten einem gekammerten, wabigen Bau Platz macht. Endlich schliessen sich hieran ganz deutlich strahlig-wabige Sphären und ganz typisch konzentrisch geschichtet-wabige. Von letzteren ist ein sehr überzeugendes schönes Beispiel auf Taf. 12 Fig. 7 a—b bei tiefer (a) und hoher Einstellung (b) photographisch dargestellt; es lässt genau den Bau erkennen, den wir schon bei den konzentrisch geschichteten Inulinsphären ausführlich schilderten. Die Figuren 7 a—b zeigen sehr bestimmt, dass es sich wirklich um einen gekammerten Bau, nicht etwa eine globulitische Zusammensetzung

handelt, wenngleich die Beziehungen des wabig-kämmerigen Baues zur Globuliten-bildung schon früher (p. 141) von uns eingehender erläutert wurden.

Auch die Figuren 4 Taf. 12 und 11 Taf. 11 zeigen übereinstimmende Struktur-verhältnisse, und zwar bei tiefer Einstellung und weiter Blende. Auf entsprechend gebaute sehr dünne und daher hinsichtlich ihrer Struktur sehr klare Sphären wird weiter unten (p. 202 ff.) noch einmal zurückzukommen sein.

Neben den Sphären mit glatter Oberfläche, die sogar gewöhnlich zu einer etwas dichteren Grenzschichte entwickelt scheint, finden sich nicht selten auch solche, deren Oberfläche rauh stachlig ist und die überhaupt einen mehr strahligen Bau besitzen. Die nebenstehenden Textfigg. 57 1—2 geben eine Vorstellung von der Beschaffenheit solch kleiner Sphären bei verschiedener Einstellung. Fig. 52 1′—2 zeigen deutlich, dass ein strahlig-kämmeriger Bau besteht und dass die stachlige Beschaffenheit der Oberfläche auf dem Vorspringen der Strahlen beruht. Die Strahlen sind jedoch durch Querbrücken verbunden, welche, sobald sie regelmässig in kleinen Entfernungen vom Centrum gestellt wären, eine konzentrische Schichtung hervortreten liessen. Die Einstellung auf die Oberfläche solcher Sphären (Fig. 52 1) zeigt übrigens nie Querschnitte einzelner Strahlen oder Stacheln, sondern Kämmerchen, deren Wände zusammenhängen und deren Kanten die im optischen Durchschnitt hervortretenden Strahlen sind. Alles dies spricht sehr dafür, dass auch die Bauweise dieser kleinen Sphären mit stachelig-strahliger Oberfläche, auf deren Struktur und Bildung wir bei Besprechung der Stärke zurückkommen werden, inniger mit der geschichtet konzentrischen zusammenhängt, als dies anfänglich scheinen möchte. Dazu gesellt sich die Erfahrung, dass derartige Sphären in der Regel nicht isolirt vorkommen, sondern in zusammenhängenden membranartigen Vereinigungen, dass demnach die freien Strahlen der Oberfläche ursprünglich gar nicht frei waren, sondern erst beim Zerfall oder der Zerstörung der Membranen und Zusammenhänge die freie Beschaffenheit erlangten. — Aehnlich den kleinsten Inulinsphären erschienen auch die der Cellulose zum Theil deutlich sechseckig. Das Centrum der Sphäre bildet entweder ein Wabenraum oder ein Knotenpunkt von rundlicher bis länglicher Form.

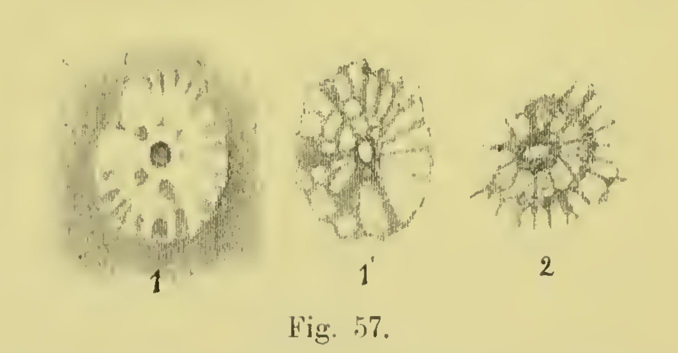


Fig. 57.

Cellulose. Kleine Sphären 1—1′, dieselbe Sphäre bei hoher (1) und tiefer Einstellung. 2 tief. Obj. 2, Oc. 12.

Optisch verhielten sich die Sphären negativ, soweit ihre Grösse die Doppelbrechung deutlich hervortreten liess. Zwischen gekreuzten Nicols zeigten sie seltener ein scharfes orthogonales Kreuz, häufiger ein verzogenes mit schiefem Mittelbalken zwischen den beiden auseinander gerückten Kreuzhälften. Noch häufiger jedoch waren, entsprechend diesem Verhalten, die beiden verkleinerten Quadranten dunkel, die beiden anderen dagegen hell, so dass ein schiefes dunkles Doppelbüschel durch die helle Sphäre ging. Auch diese Erscheinungen, welche schon bei den Luftblasen in Gelatine (p. 161) erwähnt wurden, sind bei der Besprechung der Stärkesphären nochmals genauer zu betrachten.

Das Verhalten der beschriebenen Sphären gegen Jod entspricht der Voraus-

setzung, dass sie aus Cellulose in jedenfalls wenig, wenn überhaupt modifizirter Beschaffenheit bestehen. Mit durch Wasser stark verdünnter, leicht gelber Jodtinktur färben sie sich äusserst wenig; nur die centralen Partien grösserer Sphären nehmen häufig eine gelblich-braune Farbe an; ebenso auch grössere Zusammenhäufungen von Sphären. Das gleiche Resultat wurde im Allgemeinen durch Zugabe eines Jodkrystalls zu den, unter dem Deckglas in Wasser befindlichen Sphären erzielt; doch schienen sich die Sphären dabei zuweilen ganz schwach zu bläuen. — Eintrocknung mit starker Jodtinktur lässt die Sphären intensiv rothbraun zurück. Wurde nun konzentrirte Schwefelsäure (ca. 90 %) zugesetzt, so trat sofort an den Rändern der Krystallmassen, die von der Säure getroffen und zerstört wurden, intensive Bläuung auf. Die von der Säure nicht gelösten Sphären, d. h. da, wo die Konzentration der Säure geringer blieb, nahmen meist eine schön wein- bis violettrothe Farbe an, seltener dagegen eine rein blaue.

Auch bei Zusatz konzentrirter Schwefelsäure zu einem Präparat, das über Nacht mit einem Jodkrystall gestanden hatte, wurden die Sphären zunächst tief braun, und bei längerer Einwirkung der Schwefelsäure successive braunroth, violett- und weinroth bis blau. Wurde mit konzentrirter Jodtinktur eben bis zur Trockene eingedunstet und darauf ½ verdünnte Schwefelsäure zugesetzt, so erfolgte an den Rändern der Sphärenmassen unter Lösung tief blaue Färbung; die erhalten gebliebenen Sphären dagegen wurden intensiv purpurweinroth bis veilchenblau.

Diese Erfahrungen, im Zusammenhang mit den gleich zu besprechenden über sehr grosse dünne Sphären, welche in etwas anderer Weise erhalten wurden, lassen es zweifellos erscheinen, dass thatsächlich Cellulose vorliegt.

Die soeben erwähnten merkwürdigen und lehrreichen Sphärengebilde habe ich erst während der Niederschrift dieser Zeilen aufgefunden, weshalb ihre Untersuchung nicht so eingehend vorgenommen werden konnte, wie es wünschenswerth ist. Schon in meinem vorläufigen Bericht von 1894 wurde erörtert, dass sich, beim Eintrocknen einer frisch bereiteten Lösung von Baumwolle in Kupferoxydammon auf dem Wasserbad, oberflächlich eine tief braune, feste Membran bildete, deren genauere Untersuchung eine Anzahl interessanter Eigenthümlichkeiten ergab, über die weiter unten berichtet werden soll. Der Rest der Lösung trocknete nach dem Herausnehmen der Membran völlig ein, und zwar sehr wahrscheinlich bei gewöhnlicher Temperatur (leider wurde dieser Punkt nicht notirt) und blieb dann seit Frühjahr 1894 bis zum Beginn des Jahres 1897 stehen. Beim Auflösen des Kupfers aus diesem Rückstand und dessen weiterer Reinigung durch Auswaschen fiel sofort auf, dass ein grosser Theil des Rückstandes aus äusserst dünnen kreisförmigen bis ovalen, ganz regelmässigen Plättchen bestand. Daneben fanden sich noch Bruchtheile membranöser Cellulosepartien, wie sie im Verfolg geschildert werden sollen. Die erwähnten Plättchen oder Scheiben sind sehr gross, bis einige Millimeter (!) im Durchmesser, daher schon mit blossem Auge zu sehen. — Der sich von vornherein aufdrängende Verdacht, dass diese Scheiben äusserst dünne Cellulosesphären sein müssten, etwa entsprechend den ganz dünnen Inulinsphären, schien wegen ihrer erstaunlichen Grösse wenig wahrscheinlich, hat sich jedoch bei genauerer Untersuchung durchaus begründet erwiesen.

Zunächst einige Worte über die Reaktion der Substanz dieser Sphärenscheiben,

um von vornherein darzulegen, dass sie aus gewöhnlicher Cellulose bestehen. In 5 % Salzsäure sind sie, wie ihre Darstellung schon ergab, auch bei längerem Erhitzen unlöslich; ebenso wurden sie bei ½stündigem Erwärmen in 3 % Schwefelsäure auf dem Wasserbad nicht verändert. In 10 % Kalilauge erwiesen sie sich selbst bei längerem Erhitzen, bis zum allmählichen Eintrocknen der Lauge, unlöslich. In wässeriger Lösung von Kongoroth färben sie sich intensiv, ebenso nach vorheriger Behandlung mit verdünnter Chromsäurelösung in ½ % Hämatoxylin oder wässerigem Gentianaviolett; nach Vorbehandlung mit essigsaurem Eisenoxyd gelingt ferner die Färbung in ½ % Hämatoxylin gut. Von schwacher Jodtinktur werden sie so gut wie nicht gefärbt, d. h. ihre Farbe ist nicht intensiver als die der Lösung. Wenn man sie mit konzentrirter Jodtinktur auf einem Porzellandeckel eintrocknet, so werden sie im Moment des Trockenwerdens sofort und in sehr frappanter Weise tief braunviolett bis braunroth. Wird nach völligem Eintrocknen zu den tief braunrothen Sphären Wasser gegeben, so werden sie sofort sehr blass und nach einiger Zeit schwach, jedoch ganz schön veilchen- bis berlinerblau. Die trockenen braunrothen Sphären, mit ½ verdünnter Schwefelsäure behandelt, werden ganz intensiv blauschwarz, so dass die Farbe schwierig zu unterscheiden ist. Zusatz unverdünnter Schwefelsäure (ca. 90 %) bewirkt unter gleichzeitiger Quellung und Auflösung intensive berlinerblaue Färbung. — Wurden Sphären, die vorübergehend mit 10 % KHO behandelt und hierauf sorgfältig wieder ausgewaschen waren, mit schwacher Jodtinktur unter dem Deckglas versetzt, die, wie bemerkt, keine Färbung bewirkt, und dann ½ verdünnte Schwefelsäure zugegeben, so wurden die Sphären zuerst braun, dann braunviolett und schliesslich ganz rein und intensiv berlinerblau (bei Lampenlicht violettblau) unter Erhaltung ihrer Struktur. Dabei quellen die Sphären ziemlich und werden deshalb radiär-faltig. — Nach vorheriger Behandlung mit 10 % Kalilauge in der Wärme wurden die Sphären beim Eintrocknen mit konzentrirter Jodtinktur zuerst tief violettblau, darauf nach völliger Austrocknung tief rothbraun; bei Zusatz von Wasser trat sofort tief violettblaue Farbe auf, die jedoch bald abblasste. — Chlorzinkjodlösung färbte trockene Sphären tief braunviolett, demnach ähnlich wie bei Trocknung mit Jodtinktur. Bei Betrachtung im durchfallenden Licht erwies sich die Farbe jedoch bedeutend violetter, also etwa violettroth, und die Ränder waren sogar hie und da rein blau. Zur allgemeinen Orientirung über die Schichtung und den Gesammtbau ist die recht intensive Färbung mit Chlorzinkjod sehr geeignet, weniger dagegen zum Studium der feinen Struktur.

Zur Kontrolle wurde gleichzeitig auch die Wirkung derselben Reagentien auf mit Salzsäure und Kalilauge gereinigte Baumwolle versucht. Schwache Jodlösung färbte nicht. Eintrocknung mit konzentrirter Jodtinktur rief auch die eigenthümliche, rasch hervortretende tief rothbraune bis, wenn sehr intensiv, schwarzbraune Farbe hervor; zuvor war dieselbe vorübergehend braunviolett. Darauffolgender Zusatz von Wasser bewirkt schwache, jedoch schöne Bläuung, während der grösste Theil des Jods aufgelöst wird. Unter dem Mikroskop sieht man deutlich, dass durch das Wasser etwas (d. h. Jod) aus der Faser herausgelöst wird, ähnlich wie bei den Sphären. Chlorzinkjod, zu den trockenen Fasern gegeben, färbt sie im durchfallenden Licht hübsch blauviolett, im auffallenden, auf Porzellandeckel betrachtet, mehr braunviolett. — Aus dem, im Vorhergehenden geschilderten Verhalten ergiebt sich

also mit genügender Sicherheit, dass die Sphären die Reaktionen der Cellulose zeigen, was die Sicherheit der Deutung der erstgeschilderten Sphären bestärkt und erweitert.

Wie bemerkt, sind die dünnen grossen Sphärenscheiben häufig ganz schön kreisrund. Die Untersuchung zeigt, dass sie in der Regel prächtig und recht fein konzentrisch geschichtet sind (s. Taf. 18 Fig. 8), was sowohl an getrockneten ungefärbten und gefärbten, als an in Wasser oder Kanadabalsam aufgestellten gefärbten Scheiben schön zu sehen ist. Die konzentrische Schichtung ist im centralen Theil der Scheibe feiner und regelmässiger; gegen die Peripherie wird sie gröber und häufig viel unregelmässiger. Gleichzeitig bemerkt man sicher, dass die Scheiben in der Mittelregion am dünnsten sind und sich gegen die Peripherie beträchtlich verdicken. Einige Messungen, die an den oben erwähnten, mit Jod und $^{1}/_{2}$ verdünnter Schwefelsäure behandelten, radiär-faltigen Scheiben angestellt werden konnten, bestätigen dies, indem in der Mitte nur eine Dicke von 2 bis 3 μ, am Rand dagegen eine solche von 24 μ gefunden wurde. Damit hängt denn auch wohl zusammen, dass die Fläche der Scheiben sich bei mikroskopischer Untersuchung konkav erweist, wenn auch die Scheiben vielleicht zum Theil etwas uhrglasförmig gekrümmt sind. Der äusserste Rand zeigt sich schon bei makroskopischer Betrachtung weiss, undurchsichtig, und gleichzeitig unregelmässig zerrissen zackig. Diese Erscheinung rührt daher, dass die Scheiben an ihrer Peripherie in eine mässig dicke, undurchsichtig weisse, fein globulitisch-wabige Cellulosehaut übergehen, ähnlich den weiter unten noch genauer zu schildernden Cellulosehäuten. Diese Haut ist sehr brüchig, während die Scheiben dies weit weniger sind, weshalb sie sich beim Auflösen des Kupfers aus dem Rückstand isolirten, unter Zerfall der gröber strukturirten Cellulosehaut, der sie jedenfalls eingelagert waren. Die neben ihnen den Rückstand hauptsächlich bildenden Bruchstücke von Cellulosehaut rühren jedenfalls von dem Zerfall der Membran her, der die Sphären eingelagert waren, und deren Reste den äusseren unregelmässigen Scheibensaum bilden.

Dass diese Ansicht über die Einlagerung der grossen Sphären in die, beim Eintrocknen der Lösung sich bildende Cellulosehaut richtig ist, ergab sich aus einigen Eintrocknungsversuchen, welche ich in neuerer Zeit angestellt habe. Mehrfach waren der, auf dem Boden der Schale abgesetzten braunen Haut ziemlich ansehnliche Scheiben eingelagert, die schon bei Lupenvergrösserung sofort auffielen, da sie ganz farblos und durchsichtig waren, also kein Kupfer enthielten. Es lässt sich daher vermuthen, dass auch die viel schöneren, grösseren und zahlreicheren Scheiben jener ersten Darstellung von vornherein frei von Kupfer waren, sich also entsprechend verhielten, wie die kleineren, auf dem Objektträger dargestellten Scheibengebilde, von denen oben (p. 199) die Rede war.

Die vorstehende Schilderung bezog sich auf die einfachen Scheiben oder scheibenförmigen Sphären. Häufig finden sich jedoch auch zusammengesetzte, und man darf wohl sagen, dass die grösseren und besonders die ovalen oder etwas unregelmässig gestalteten Scheiben stets zusammengesetzt sind. In diesem Fall sind zwei bis drei und mehr kleinere und gewöhnlich schön konzentrisch geschichtete Scheiben in eine grössere runde, ovale oder unregelmässige eingeschlossen. Die Schichtung der letzteren ist entsprechend dem Umriss der eingeschlossenen modifizirt und

häufig etwas unregelmässig. Auch kann in dieser Weise gelegentlich eine dreifache Einschachtelung von Scheiben ausgebildet sein (s. die Textfig. 58). Im Gegensatz zu den früher geschilderten, so häufig zusammengesetzten Sphären des Inulins, kohlensauren Kalks etc. ist charakteristisch, dass im vorliegenden Fall, so weit die Beobachtungen reichen, die Schichten der äusseren umhüllenden Sphäre durch die umschlossenen nie so beeinflusst werden, dass dadurch auch noch im Bereich der äusseren Sphäre eine Zusammensetzungslinie kenntlich wäre. Derartiges, was auch bei den Stärkemehlkörnern so deutlich ist, fehlt hier durchaus, und daher ist auch der Unterschied zwischen der Schichtung der eingeschlossenen und der umschliessenden Sphären stets sehr abrupt und scharf.



Fig. 58.

Cellulose. Zusammengesetzte grosse Sphärenscheiben: die anscheinende Lücke im Centrum rührt wohl nur daher, dass hier keine Struktur und besonders Schichtung zu erkennen ist. Obj. a Z Oc. 6. Der grösste Durchmesser = 0,24 mm.

Optisch sind die Scheiben recht wirksam negativ, wie die oben geschilderten Sphären. Zwischen gekreuzten Nicols ist jedoch auch bei ihnen ein schönes Kreuz selten ausgeprägt, vielmehr sind, wie bei den ersterwähnten Sphären, die oben links und unten rechts befindlichen Quadranten mehr oder weniger dunkel im Gegensatz zu den beiden anderen. Die Schichtung tritt auch zwischen gekreuzten Nicols durch Abwechslung heller und dunkler Schichten sehr kenntlich, ja meist deutlicher wie im gewöhnlichen Licht hervor; wozu sich gesellt, dass bei manchen Sphärenscheiben eine strahlig-kämmerige Zeichnung der Schichten sichtbar ist, die in gewöhnlichem Licht unbemerkbar war (s. Textfig. 59). Diesem Erscheinen entspricht im Allgemeinen auch das Farbenbild nach Einschaltung des Gypsplättchens 1. Ordnung, indem die dunklen Ringe der Schichtung das wenig veränderte Roth 1. Ordnung des Gypsplättchens zeigen, die hellen gelb und blau, je nach dem Quadranten. Die sehr dünne centrale Partie der Scheiben ist natürlich fast unwirksam.

Fig. 59.

Cellulose. Grosse Sphärenscheibe zwischen gekreuzten Nicols. Obj. 16, Oc. 4.

Die mit Kongoroth gefärbten Scheiben geben auch schon ohne Gypsplättchen eine deutliche Veränderung der Farbe zwischen gekreuzten Nicols, und zwar wird die Farbe der dunklen Quadranten (links oben und rechts unten) in Blau, die der beiden anderen in Orange verändert.

Die so prächtige konzentrische Schichtung ist in der centralen Partie der Scheiben gewöhnlich sehr eng, häufig im Centrum gar nicht deutlich erkennbar, weshalb auch einstweilen nicht wohl anzugeben ist, auf welche Weise in diesen

Scheiben die Schichtung central beginnt. Gegen die Peripherie wird die Schichtung gröber und unregelmässiger, indem sowohl die hellen als die dunklen Schichten (bei tiefer Einstellung) breiter werden und die dunklen gleichzeitig unregelmässiger, da die aufeinanderfolgenden netzartig anastomosiren. Auf letzterem Verhalten, oder wenigstens einem prinzipiell entsprechenden, beruht es wohl auch, dass hier und da eine radiär strahlige Beschaffenheit der peripheren Schichten angedeutet ist, wenn sie auch selten schärfer hervortritt.

Sowohl die einfache mikroskopische Untersuchung, als die Färbungen (auch die mit Jod und Schwefelsäure) zeigten klar, dass die bei tiefer Einstellung dunklen Schichten dichter sind, das heisst reicher an Cellulose und ärmer an Lückenräumen, denn sie färben sich viel intensiver als die hellen Schichten, welche substanzarm sind. Die genaue mikroskopische Untersuchung ergiebt nun für die peripherischen Schichten gewöhnlich sehr bestimmt, dass ein feinwabiger Bau sowohl den dunklen als den hellen Schichten zu Grunde liegt und dass die grössere Dichte der ersteren im Wesentlichen darauf beruht, dass die Wände ihrer Waben etwas dicker und stärker, die Hohlräumchen daher ein wenig enger sind. In der pheripherischen, gröbergeschichteten Region sind die dunklen und hellen Schichten häufig gleich dick. In der centralen, feingeschichteten Region sind die hellen Schichten meist sehr niedrig, nur eine Wabenreihe dick, die dunklen dagegen meist mehrere (s. Fig. 10, Taf. 18, Vergr. 1760). Bei stärksten Vergrösserungen und scharfer Einstellung ist die Schichtung meist so undeutlich zu sehen, dass sie wahrscheinlich gar nicht erkannt würde, wenn nicht das hohe und tiefe Bild ihre Anwesenheit deutlich verriethen. Bei richtiger scharfer Einstellung, d. h. eben tief (erste Tiefe), ist nämlich der Helligkeitsunterschied der Schichten äusserst gering; erst bei tieferer oder hoher Einstellung tritt er, unter Undeutlichwerden der Struktur, klar hervor (s. die Textfig. 60). Auch kann man sich gut überzeugen, dass die feine Struktur der richtigen, eben tiefen Einstellung (erste Tiefe) bei tieferer Senkung des Tubus (sog. zweite Tiefe) gröber wird, wobei gleichzeitig der Unterschied der Schichten aus den eben betonten Gründen deutlicher wird (s. Textfig. 60, 1 tief, 2 zweite Tiefe).

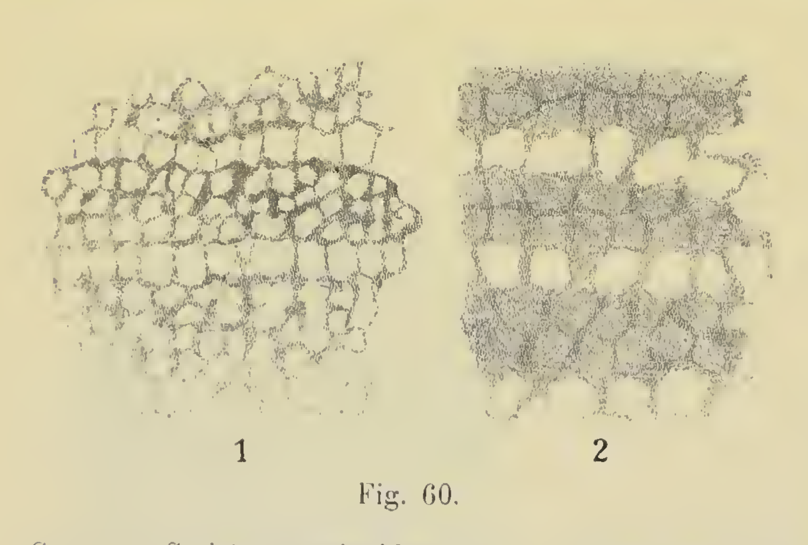


Fig. 60.

Grosse Sphärenscheibe von Cellulose. Mit Chromsäure und Hämatoxylin gefärbt. In Wasser. Kleine Partie aus dem Inneren mit drei dunklen breiteren und drei helleren schmäleren Schichten. Obj. 2 Oc. 12. 1 bei eben tiefer Einstellung; 2 bei tieferer Einstellung, wo die dunklen Schichten viel dunkler werden und die Struktur sich vergröbert.

Wir werden diese Erfahrung, deren Erklärung schon früher (s. p. 24) gegeben wurde, bald zur Aufklärung schwieriger Strukturverhältnisse der natürlichen Cellulosehäute zu verwerthen vermögen.

Nicht selten sind die Sphärenscheiben auf der einen Fläche ganz oder theilweise mit kleineren und jedenfalls äusserst dünnen Sphärenscheibchen bedeckt, die bei schwacher Vergrösserung leicht die irrige Meinung hervorrufen können, als sei die grosse Sphäre durch Sprünge zerklüftet. Diese kleinen Sphären sind vielfach

sehr schön konzentrisch geschichtet und gleichen dann in Bau und Zusammenordnung durchaus den früher (p. 88 ff.) beschriebenen dünnen Inulinscheiben. Wie bei diesen sind die konzentrischen Schichten (s. die Figg. 6 und 7, Taf. 18, V. 1760) durchaus einwabig und zwischen den Sphären breitet sich, sie verbindend, meist eine unregelmässig feinwabige Cellulosemasse aus, in welcher sich häufig die ersten Anlagen kleinster Sphären finden. Der wabige Bau dieser Sphärenscheiben ist zwar sehr blass, jedoch häufig recht deutlich. Sehr seltsam und, im Hinblick auf gewisse früher geschilderte Struktureigenthümlichkeiten der feinen Scheibchen von kohlensaurem Kalk und Cellulose, nicht unwichtig ist die Beobachtung, dass manche dieser kleinen aufgelagerten Sphären nicht konzentrisch geschichtet, sondern ganz sicher spiral gebaut waren, wie es Textfig. 61 zeigt, die mit möglichster Treue gezeichnet wurde. Der gewöhnliche Bau ist jedoch der regulär konzentrische. — Das Studium gerade dieser Sphären bestätigte wiederum in erwünschter Weise die Richtigkeit der oben gegebenen Deutung der Bauverhältnisse der Sphären von Inulin, phosphorsaurem Natron, kohlensaurem Kalk etc. — Zuweilen weicht jedoch der Bau der kleinen aufgelagerten Sphären nicht unwesentlich von dem geschilderten ab. Einerseits fanden sich auf gewissen grösseren Scheiben solche, die keinen regulär konzentrisch-wabigen, sondern einen unregelmässig verschlungenen oder mäandrisch-wabigen Bau besassen; auf anderen endlich auch Scheiben von etwas eckigen Umrissen und wenig deutlichem radiärstrahligen Bau (s. Textfig. 62), der jedoch bestimmt als eine Modifikation des allgemein wabigen zu erkennen war, mit theilweise strahliger Anordnung von Wabenzügen. Nicht unerwähnt darf bleiben, dass die geschilderten kleinen Sphären sich in der Regel deutlich als Auflagerungen auf den grossen erwiesen, indem man die konzentrischen Schichten der letzteren unter den aufgelagerten verfolgen konnte. In gewissen Fällen schien es jedoch, als seien die kleinen Sphären nicht eigentlich aufgelagert, sondern in die Substanz der grossen eingeschaltet, d. h. eigentlich nur Modifikationen des Wabengerüstes derselben.

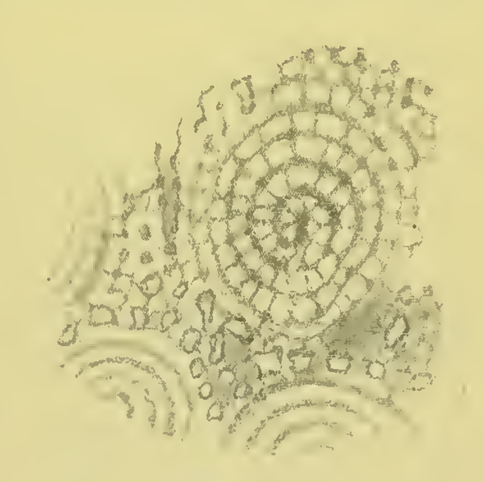


Fig. 61.

Cellulose. Kleine Sphärenscheibe von eigenthümlich spiraligwabigem Bau, einer grossen aufgelagert; die Scheibe ist durch unregelmässig wabige Masse mit benachbarten Sphären in Zusammenhang. Präparat aus Xylol unter Luftpumpe getrocknet und trocken untersucht. Das Wabenwerk gashaltig. Obj. 2, Oc. 12. Einstellung 1. Tiefe.



Fig. 62.

Cellulose. Kleine eckige Sphärenscheibe mit Hinneigung zu strahligem Bau. Präparat aus Xylol unter Luftpumpe getrocknet und trocken untersucht. Obj. 2, Oc. 12. Einstell. 1. Tiefe.

Zum Beschluss unserer Besprechung der grossen Sphärenscheiben wäre noch ihrer Quellungserscheinungen zu gedenken. Beim Austrocknen auf dem Objektträger bilden sich am Scheibenrand meist eine Anzahl radiärer, gegen die Mitte strahlender, jedoch ziemlich unregelmässiger Risse; zum Beweis, dass beim Trocknen Schrumpfung stattfindet. Letztere erscheint jedoch gewiss nicht so stark wie sie unter anderen Bedingungen sein könnte, da die Schrumpfung durch das Ankleben der Sphären auf dem Glas behindert wird. — Eine unter der Luftpumpe aus Xylol ausgetrocknete Scheibe hatte in Luft einen

Dm. von 1,33 mm; darauf nach Wasserzusatz Dm. = 1,57 (also ca. $^1/_6$ Vergrösserung des Dm.); nach darauffolgendem Zusatz von 10% Kali Dm. = 1,72 (Vergr. gegen den Dm. im getrockneten Zustand $^1/_3$); nach Auswaschen mit Wasser ging der Dm. auf 1,62 zurück. Das Quellungsvermögen ist also recht ausgesprochen. — Kupferoxydammon löste die Scheiben rasch auf, unter vorhergehendem Zerfall in scheinbare Dermatosomen.

Sphärokrystallinische Bildungen einer celluloseartigen Substanz hat Pringsheim (1883) in dem protoplasmatischen Wandbelag der Saprolegnien gefunden, die sogen. Cellulinkörner. Bau und allgemeine Erscheinung sprechen durchaus für ihre Auffassung als Sphärokrystalle, weshalb es äusserst unwahrscheinlich ist, dass diese Gebilde sich durch „Sprossung" vermehrten, wie Pringsheim behauptete; die Beweise hierfür scheinen mir auch ganz unzulänglich. Optisches Verhalten leider nicht untersucht. Die Reaktionen ergaben wesentliche Unterschiede von Cellulose. Mit Jod sehr wenig färbbar und mit Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod keine Bläuung, sondern in beiden, wenn nicht zu verdünnt, leicht löslich. In Kupferoxydammon unlöslich. — Ungefähr gleichzeitig mit mir (1893) und unabhängig hat E. Gilson auf ähnliche Weise Sphärokrystalle der Cellulose erhalten, nämlich durch Behandlung von Schnitten zahlreicher pflanzlicher Zellgewebe mit Kupferoxydammon und darauf folgendes Einlegen der Schnitte in Ammoniak. Die rein strahlig gebauten, wenig scharf begrenzten Sphären bilden sich unter diesen Bedingungen in den Zellhöhlen. Ebenso gelang es, solche Sphären durch Diffusion einer Lösung von Cellulose in Kupferoxydammon gegen Ammoniakflüssigkeit zu erhalten, sowie durch langsames Verdunsten der Lösung in einer unvollständig verschlossenen Flasche (p. 424), also auf dem Wege, den auch ich verfolgte. Besonders die in letzter Weise erhaltenen Sphären, welche scharf und glatt begrenzt waren, erinnern auch an die von mir dargestellten. Von den feineren Strukturverhältnissen wurde jedoch nichts beobachtet. Sie sollen nicht polarisiren (s. p. 440), was jedoch wohl auf ungenügender Beobachtung beruhen dürfte (Grössenangaben fehlen). Die chemischen Reaktionen sprechen durchaus für echte Cellulose. Die Arbeit D. S. Johnson's, The crystallisation of cellulose (Botan. Gazette, 1895, p. 16—22), scheint, soweit sich nach dem Referat in der Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie, XII, p. 406 urtheilen lässt, nur eine Bestätigung der Angaben Gilson's zu enthalten.

Endlich gelang es Correns (1894), durch Behandlung der Membran von Caulerpa mit mässig verdünnter Schwefelsäure auf einige Zeit und darauf folgende Uebertragung in Wasser, die Umbildung der Membran in zahlreiche Sphärokrystalle hervorzurufen. Dieselben unterscheiden sich jedoch wesentlich von Cellulose, wie auch schon die Membran selbst. Sie sind optisch positiv; stark quellbar in Wasser; leicht löslich in 12% Natronlange und in Kupferoxydammon, sowie in konzentrirter Essigsäure. Mit Schwefelsäure und Jod gelbbraun.

b) Cellulosemembran, die beim Eintrocknen einer Lösung von Cellulose auf dem Wasserbad erhalten wurde.

Die Lösung von Baumwolle in Kupferoxydammon, welche beim weiteren Trocknen die im vorhergehenden Abschnitt geschilderten grossen Scheiben gegeben hatte, hatte zuvor beim Eindampfen einer grösseren Menge auf dem Wasserbad die im Folgenden näher zu charakterisirende Membran geliefert. Eine solche tief braunschwarze Haut bildet sich unter diesen Bedingungen sehr bald an der Oberfläche der Lösung. Die Haut ist sehr brüchig und zerfällt daher beim Herausnehmen in Stücke, wobei sich zeigt, dass unter der äusseren dichteren dunklen Membranschicht eine dickere, lockere und ganz weisse Celluloseschicht lagert. Durch Behandlung mit ca. 5% Salzsäure lässt sich das, wohl als Kupferoxyd vorhandene Kupfer ohne Aufbrausen herauslösen und die Haut durch Auswaschen reinigen.

Nach Entfernung des Kupfers erscheint die äussere festere Lage der Membran glasig durchsichtig und ca. 3,5—4 μ dick, wogegen die tiefere weisse Partie mehrfach so dick wird. Beim Auflösen des Kupfers trennt sich die tiefe Lage häufig ganz oder grossentheils ab, wobei die äussere Haut sich einrollt und zwar stets so, dass die ursprünglich freie Oberfläche zur konkaven Fläche wird. Durch

sorgfältiges Abpinseln kann man die tiefere, weniger feste Lage fast völlig entfernen; dennoch zeigt die genauere Untersuchung, dass beide Lagen ineinander übergehen, wenn auch eine ziemlich scharfe Grenze besteht (s. Textfig. 63 2). Mit Kongoroth färbt sich die Gesammtmembran sehr intensiv, ohne dass der feinere Bau dadurch klarer würde, im Gegentheil. Mit ziemlich konzentrirter Jodtinktur keine deutliche Färbung; nach Tränkung mit konzentrirter Jodtinktur, Absaugen der überschüssigen Tinktur und Zusatz von konzentrirter Schwefelsäure (ca. 90 %) prächtige Blaufärbung. In verdünnter Kalilauge quillt die Haut ziemlich stark, von Kupferoxydammon wird sie gelöst.

Sie ist ziemlich stark doppelbrechend und zwar optisch einachsig mit der Achse kleinerer Elasticität (Nägeli) senkrecht zur Fläche, demnach negativ. Nach der Spannungstheorie würde dies einer Dehnung in der Fläche der Haut entsprechen, was ja nach der Bildungsweise zu erwarten wäre.

Das interessanteste an dieser Membran ist ihre feinere Struktur. Bei Flächenbetrachtung der äusseren festeren, anscheinend glasigen Lage ergiebt sich dieselbe als sehr fein wabig-globulitisch, wie Fig. 5 Taf. 12 zeigt. Hier und da tritt sogar eine kreuzstreifige Zeichnung dieser Lage bei Flächenbetrachtung ziemlich sicher hervor. Besonders interessant erweist sich jedoch der optische oder wirkliche Durchschnitt, indem er eine schöne Schichtung zeigt. — Zunächst verräth der optische Durchschnitt gewöhnlich sehr klar, dass die äusserste Grenze der Haut von einem dichten, starklichtbrechenden, pellicula-artigen Saum gebildet wird, an den sich etwa 4—5 etwas lichtere Schichten anschliessen. Letztere sind theils aus je einer einfachen Wabenlage gebildet (s. Textfig. 63 2 a—e und Taf. 12 Figg. 3 und 6), theils dagegen aus einigen wenigen, die sich dann durch etwas lockerere oder dichtere Beschaffenheit unterscheiden und daher bei einer bestimmten Einstellung abwechselnd hell und dunkel erscheinen (s. die Fig. 3, Taf. 12). Im Allgemeinen sind die Strukturen ganz dieselben, welche wir oben bei den abwechselnd hellen und dunklen Schichten der flachen Scheibensphären fanden. Diese Strukturverhältnisse, welche schon auf den häufig wahrzunehmenden optischen Durchschnitten ziemlich gut hervortreten (namentlich wenn die Haut durch Kali mässig gequollen ist), lassen sich auf sehr dünnen, mittels Paraffineinbettung hergestellten Schnitten am geeignetsten studiren. Vorherige intensive Färbung mit Chromsäure und Hämatoxylin ist zu empfehlen; dabei färbt sich die äussere Lage sehr stark, die lockere tiefere dagegen wenig. — Gerade umgekehrte Resultate wurden früher bei Färbung der Schnitte mit Vesuvin oder Gentiana erzielt, womit sich die tiefere Lage stärker färbte als die festere Aussenlage. Die Chromsäure-Hämatoxylinschnitte zeigten vielfach deutlich ein sehr intensiv gefärbtes äusserstes Grenzhäutchen

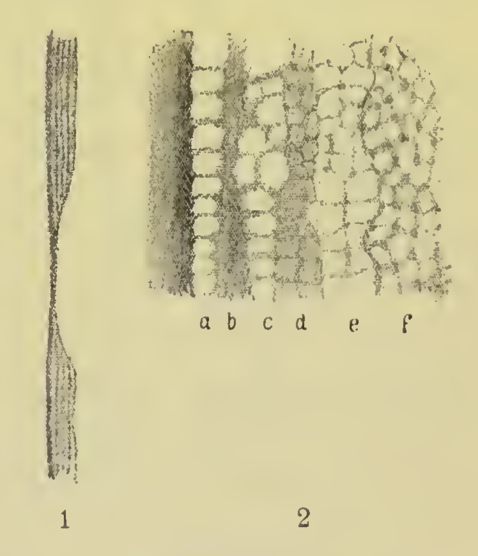


Fig. 63.

Cellulose. Haut, die sich auf der Oberfläche der Lösung in Cu. O. A. beim Eindampfen gebildet hat. 1. Optischer Durchschnitt durch die äussere Lage (s. 2, a—e) mit einer hofartigen verdünnten Stelle. Untere Lage entfernt. Vergr. mässig. — 2. Schnitt durch die Membran. Mit Vesuvin gefärbt; in Wasser. Von der unteren lockeren Lage (f) ist nur ein kleiner Theil gezeichnet. Die äussere Lage (a—e) schön geschichtet. a der Alveolarsaum. Obj. 2, Oc. 12. Einstellung tief.

der äusseren Lage, welches sich, soweit es in die feinere Struktur einzudringen gelang, als ein sog. Alveolarsaum erwies (s. Fig. 3, Taf. 12 u. Textfig. 63, 2a), der gegen die freie Oberfläche von einem besonders stark tingirbaren pellicula-artigen Grenzsaum abgeschlossen wird. — Im Allgemeinen muss jedoch hervorgehoben werden, dass die Struktur der geschichteten äusseren Haut wegen der Feinheit des Wabenwerks recht schwer festzustellen ist.

Etwas gröber erscheint die tiefere Lage strukturirt (s. Fig. 3 und namentlich Fig. 6, Taf. 12, f in Textfig. 63, 2), worauf ihr lockerer Charakter zum Theil beruhen mag. Im Allgemeinen macht ihre Struktur einen wabig-globulitischen Eindruck, indem die Knotenpunkte des Gerüstes kräftiger, globulitenartig hervortreten. Genaueres Studium dieser Lage lässt hier und da in der globulitisch-wabigen Masse deutliche Anfänge von Sphärenbildungen erkennen, die in derselben Weise, wie wir es bei gewissen anorganischen Bildungen fanden, in die allgemeine wabige Masse eingesprengt sind (s. die Textfig. 64).

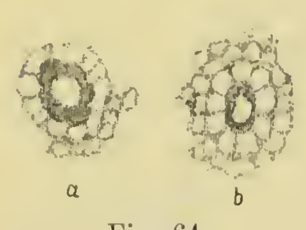


Fig. 64.

Cellulose. Kleine sphärenartige Gebilde aus dem Wabenwerk der tiefen lockeren Lage der Haut. Obj. 2, Oc. 12. Blende weit. Einstellung tief.

Flächenbetrachtung der gefärbten Haut (Kongoroth, Chroms. Hämatoxylin etc.) zeigt noch eine sehr merkwürdige Erscheinung, nämlich zahlreiche, in ziemlich gleichmässigen Abständen über die Membran zerstreute, hellere hofartige Stellen, die wie die Tüpfel einer pflanzlichen Zellmembran aussehen und einen Durchmesser von durchschnittlich 0,02—0,08 mm besitzen. — Sowohl die Untersuchung der optischen wie der wirklichen Durchschnitte ergiebt, dass die tüpfelartigen Höfe dadurch entstehen, dass sich die festere Aussenlage in ihrem Bereich allmählich stark verdünnt, indem sie in der Regel bis auf die äusserste Grenzschicht, den Alveolarsaum, reduzirt wird (s. die Textfig. 63, 1). Manchmal schien es sogar, als wenn nur der dunkle äusserste, pellicula-artige Saum im Centrum des Hofes vorhanden bliebe. Die tieferen Schichten sieht man im Hofe allmählich auslaufen. Die lockere untere Lage breitet sich auch unter den Höfen aus, fehlt hier nicht, wie man vielleicht anzunehmen geneigt wäre. Gelegentlich wurde eine schwachkonkave Einsenkung des gesammten Hofes beobachtet.

Ueber die Bildungsverhältnisse dieser Höfe wurde leider nichts ermittelt. Dass Gas- oder Luftblasen, welche sich unter der Haut bildeten, die Ursache sein könnten, ist wegen der Bauverhältnisse, speziell wegen der gelegentlichen konkaven Einsenkung unwahrscheinlich. Vielleicht verräth jedoch diese Hofbildung einige Beziehungen zu den oben geschilderten grossen Sphärenscheiben, welche sich ja in ganz ähnlicher Weise in einer Cellulosemembran bilden.

2. Natürliche Cellulosemembranen.

Die Untersuchung natürlicher Celluloseháute lieferte eine Reihe Ergebnisse, welche dafür sprechen, dass auch sie einen feinwabigen Bau besitzen, der in seinem Wesen identisch ist mit jenem der geschilderten künstlichen Cellulosegebilde.

a) Membran von Caulerpa prolifera.

Obgleich die Beobachtungen über die Membran dieser Alge zeitlich denen an Baumwoll- und Leinenfasern nachgingen, will ich sie hier doch zuerst erwähnen. Da es sich für mich nur darum handelte festzustellen, ob das bei anderen Objekten Gefundene auch für diese häufig untersuchte Alge gelte, so beschränkte ich mich auf das Studium von Querschnitten der Membran, die nach Eintrocknung in Gummiglycerin hergestellt und darauf in Kupferoxydammon aufgestellt wurden. Wie bekannt, löst Kupferoxydammon die Zellhaut der Caulerpa nicht und bewirkt daher auch nur eine sehr geringfügige Aufquellung[1]). Dennoch trat unter seiner Einwirkung die Schichtung der Membran gewöhnlich sehr schön hervor und nach einigen Tagen auch an manchen Stellen sehr kenntlich ein feinerer Bau der zarten Schichten, wie ihn die Figg. 5, 7 und 8 Taf. 14 deutlich wiedergeben. Jede der Schichten erweist sich aus einer Reihe von Kämmerchen (Waben) aufgebaut, die so geordnet sind, dass die der benachbarten Schichten meist alterniren. Die Schichtendicke beträgt bei den Figg. 7 und 8 ca. 0,8 μ, bei Fig. 5 1 μ; doch sind hier und da auch viel gröbere Schichten eingeschaltet, welche entsprechend gröbere Querbälkchen zur Abgrenzung der einzelnen Kämmerchen besitzen (s. Textfig. 65). Die Untersuchung solch' dünner Schnitte zeigt ganz bestimmt, dass der Kämmercheninhalt bei tiefer Einstellung hell, bei hoher hingegen dunkel erscheint, dass er demnach viel schwächer lichtbrechend ist als die Wandmasse der Kämmerchen und daher wohl sicher eine Flüssigkeit.

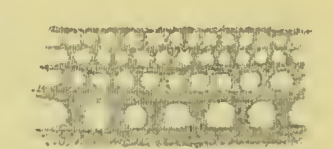


Fig. 65.

Membran von Caulerpa. Kleine Partie aus einem feinen Querschnitt in Cu O. A. Feinere und anstossende gröbere Schichten mit Kämmerung. Obj. 2, Oc. 12. Einstellung tief.

Wie gesagt, sind die Bälkchen zwischen den Kämmerchen dicker Schichten häufig beträchtlich gröber und dicker, als dies auf den hier wiedergegebenen Photographien der Fall ist. An solch' gröberen Bälkchen habe ich zum Theil eine feinere Struktur wahrgenommen, was wahrscheinlich macht, dass sie selbst wieder zusammengesetzten Baues sind; wovon später noch mehr die Rede sein wird.

Correns hat jetzt (1894, p. 163), nach Behandlung der Membran von Caulerpa mit 12 % Natronlauge oder 14tägiger mit sogen. Schultze'schen Gemisch (ein Theil Kaliumchlorat und 12 Theil Salpetersäure spez. Gewicht 1,15), eine Struktur beobachtet (s. seine Taf. 23, Fig. 19). Die Figur (Flächenansicht) zeigt eine verworren faserige Struktur, wie sie bei wabig gebauten Substanzen sehr häufig ist. C. „zweifelt jedoch nicht daran, dass wir es mit einer Fältelung von Lamellen zu thun haben, also mit denselben Strukturen, die nach seinen früheren Untersuchungen (1893) die Membranen von Cladophoraceen und Valoniaceen und die von Bryopsis besitzen.“ Hinsichtlich der von mir beschriebenen Struktur bemerkt er: „Ich glaube, dass das gekörnelte Aussehen der Schichten, das man auf Membranquerschnitten wahrnimmt und das von Bütschli mit aller Entschiedenheit als „Wabenstruktur“ angesprochen wurde, durch die Querschnitte der Falten bedingt wird. Bütschli hat Längsschnitte und Flächenansicht gar nicht untersucht.“ Beweise für diesen Glauben vermisse ich jedoch, ebenso wie Längs- und Querschnitte, die doch gerade von mir missdeutet worden sein sollen. Ich verweise auf die mitgetheilten Photographien, deren Deutung in der von Correns gewünschten Weise ich für unmöglich halte; ganz abgesehen davon, dass die von mir gegebene Erklärung und Auffassung mit weit verbreiteten Strukturerscheinungen harmonirt, während die Correns'sche mit diesen keinerlei Beziehungen hat.

---

[1]) Ueber die chemischen Unterschiede der Caulerpamembran von Cellulose siehe bei Correns (1894) und früher Cramer (1857).

b) Baumwoll- und Leinenfaser, Bastfaser von Nerium oleander und Membran der Hollundermarkzellen.

Es versteht sich von selbst, dass ich über diese so vielfach untersuchten und besprochenen Objekte, die, wie der Bau der pflanzlichen Zellmembran überhaupt, eine sehr umfangreiche Litteratur hervorgerufen haben, keine umfassenden Studien anzustellen vermochte. Vielmehr konnten sich meine Bemühungen nur darauf erstrecken, zu ermitteln, ob bei diesen Membranen ein Bau vorhanden ist, wie er sich, auf Grund der Erfahrungen über die Sphären des Inulins, der Stärke u. a., auch hier vermuthen liess. Ueber diese Aufgabe hinaus habe ich das Thema nicht verfolgt, also nicht die Einzel- und Besonderheiten der betreffenden Objekte zu ermitteln versucht, ebenso wenig als die Bauverhältnisse aller Partien der betreffenden Membranen. Die oben an erster Stelle geschilderten Beobachtungen über die aus Lösungen ausgeschiedene Cellulose habe ich zeitlich nach jenen über die natürlichen Membranen vorgenommen; sie waren daher auch zunächst ohne Einfluss auf die Untersuchung. Dagegen waren es namentlich die früher (p. 57 ff.) geschilderten Untersuchungen über den Bau geronnener oder einfach eingetrockneter Collodiumhäute und deren Rückverwandlungsprodukte, also der auf solche Weise gewonnenen Cellulosehäute, die zur Untersuchung der natürlichen Cellulosemembranen anregten. Da nun, wie dort geschildert wurde, namentlich das sogen. Karbonisirungsverfahren, das zuerst Wiesner (1886) zur Aufklärung der feineren Struktur pflanzlicher Zellmembranen verwendete, und ähnliche Macerationen bei der Ermittelung der Struktur der Collodiumhäute entscheidende Ergebnisse lieferten, so wurde dieses Verfahren auch bei der Untersuchung der natürlichen Zellhäute zuerst geprüft.

Das Karbonisirungsverfahren besteht nach Wiesner's Vorschrift in der Behandlung der Fasern mit 1—2 % Salz- oder Schwefelsäure, Auspressen der überschüssigen Säure und Trocknen bei 65—70° C.; dann folgt Behandlung mit Kalilauge oder konzentrirter Salzsäure und mechanische Pressung unter dem Deckglas. Ich habe dies Verfahren nur kurze Zeit angewendet; später zog ich es vor, die Fasern oder Zellmembranen theils mit konzentrirter Salzsäure (30 %) auf dem Wärmeschrank (ca. 40° C.) oder mit gesättigtem Chlorwasser oder endlich mit konzentrirtem Eau de Javelle bei gewöhnlicher Temperatur oder auf dem Wärmeschrank längere Zeit zu behandeln. Speziell das letztere Verfahren ergiebt schneller sehr gute Resultate, d. h. einen sehr leichten und weitgehenden Zerfall der Membranen bei mechanischer Bearbeitung durch Pressen und Klopfen unter dem Deckglas. Hollundermark wurde dieser Behandlung in möglichst feinen, mit dem Rasiermesser hergestellten Schnitten unterworfen. Gewöhnlich wurde vor dem Zerklopfen mit Kongoroth oder Eisenhämatoxylin recht intensiv gefärbt. Nach der Behandlung mit Eau de Javelle gelingt die Färbung mit Eisenhämatoxylin meist sehr gut und intensiv, viel besser als nach Bearbeitung mit Salzsäure.

Derartig behandelte Baumwoll- oder Leinenfasern sind sehr brüchig, gewöhnlich auch in mässig lange Bruchstücke zerfallen und zeigen meist mehr oder weniger deutlich die Spiralstreifung oder -Faserung, die bei der Baumwollfaser ziemlich stark geneigt zur Längsachse verläuft, bei der Leinenfaser dagegen sehr

steil, nahezu längs zieht. Ein zweites, das erstere kreuzende Streifensystem ist unter diesen Bedingungen nicht oder doch nur andeutungsweise sichtbar. Dagegen sind die Baumwollfasern sehr reichlich, weniger dagegen die Leinenfasern, in der Richtung der Spiralstreifung von zahlreichen Sprüngen durchsetzt, die bei der Baumwolle meist auffallend zickzackförmig verlaufen, indem sie unter einem bestimmten Winkel gebrochen sind. Hierdurch wird eine zweite Richtung der Spaltbarkeit angedeutet, welche die erstere kreuzt, und die zweifellos dem zweiten Spiralsystem entspricht, das bei der Quellung so deutlich hervortritt. Bei mechanischer Pressung und Erschütterung der Fasern durch Klopfen auf das Deckglas tritt nun zunächst die Streifung viel deutlicher und gleichzeitig feiner hervor, wobei die Membran allmählich in kleinere Bruchstücke zerfällt. Demnach muss beim Zerklopfen der Fasern eine weitergehende Sonderung der nur anscheinend unstrukturirten Partien in feinere und feinste Streifen oder Fasern eintreten. Wird das Klopfen fortgesetzt, so zerfallen schliesslich die Bruchstücke der Membran in einzelne Fragmente der Fasern oder Streifen, die als feinste bis etwas gröbere stäbchenartige Gebilde und schliesslich auch körnchenartige, die Wiesner'schen Dermatosomen, erscheinen. Dagegen habe ich von der gallertartigen Masse, in welche die Dermatosomen nach Wiesner eingebettet sein sollen, nichts Bestimmtes gesehen; ich bin vielmehr der Meinung, dass diese Masse der Grus feinster Zerlegungsprodukte ist.

Wie gesagt, sind die Fasern, welche bei weitgehendem Zerklopfen sichtbar werden, sehr fein. Nach den angefertigten Photographien lässt sich ihre Dicke schätzen, indem man die Breite einer grösseren Anzahl Fasern sammt den Zwischenräumen misst und abzählt, und hierauf die Breite der Fasern und der Zwischenräume durch Dividiren in die Gesammtbreite berechnet. Dabei ist vorausgesetzt, dass die Dicke der Fasern und die Breite der Zwischenräume annähernd gleich seien, was auch nach der mikroskopischen Betrachtung der Fall zu sein scheint. Immerhin ist dies schwierig zu beurtheilen, da bei der hohen oder tiefen Einstellung, die man wählen muss, um die Fasern deutlich zu erkennen, zweifellos nicht die richtigen Dimensionen gesehen werden. Auf dem eben erwähnten Weg ergab sich als Fibrillendicke bei der Leinen- und Baumwollfaser ca. 0,5 μ, gelegentlich, wie auf Fig. 9a—b Taf. 14, auch weniger, ca. 0,4 μ. Die gleichen Ergebnisse lieferte Hollundermark, dessen Membranen bei derselben Präparation besonders schön fibrillär zerfallen; aus Fig. 11 Taf. 14 folgt eine Faserdicke von ca. 0,36, während andere Photographien bis 0,5 μ ergeben.

Ein Wort mag hier gleich über die Fibrillen und Zwischenräume eingeschaltet werden. Wie die Sprünge sind die Zwischenräume sehr schwach lichtbrechend gegenüber den eigentlichen Fibrillen, d. h. sie verhalten sich hinsichtlich ihrer Lichtbrechung etwa so, wie das umgebende Wasser zu den Bruchstückchen isolirter Fasern. Bei tiefer Einstellung müssen die Fibrillen daher dunkel erscheinen, die Zwischenräume hell; bei hoher Einstellung werden die schwach lichtbrechenden Zwischenräume dunkel, die Fibrillen selbst hell. Demnach erhält man bei diesen beiden Einstellungen ganz die gleichen Bilder mit dem Unterschied der Bedeutung von hell und dunkel, der schon in obiger Auseinandersetzung dargelegt ist.

In den früheren Arbeiten über die feinere Struktur der pflanzlichen Zell-

membran wurden, sowohl bei Besprechung der Spiralstreifung als der der später zu berührenden Schichtung, in der Regel die hell erscheinenden Streifen oder Fibrillen einfach als die dichteren oder wasserärmeren Partien beurtheilt, die dunklen Zwischenstreifen dagegen als die wasserreichen. Es wurde daher eigentlich stets die hohe Einstellung vorausgesetzt, was natürlich nicht zutrifft, da man bei dickeren Partien nur an der Oberfläche die Einstellung sicher zu beurtheilen vermag.

Dasjenige, was ich nun in der Hauptsache den Beobachtungen meiner Vorgänger zufügen muss, ist die Wahrnehmung, dass die geschilderten feinen Fibrillen nicht ohne Zusammenhang sind, dass sie nicht etwa nur durch eine schwächerbrechende, die Zwischenräume erfüllende Substanz zusammengekittet werden, sondern dass die benachbarten Fibrillen durch zahlreiche Querverbindungen direkt zusammenhängen.

Von dieser Thatsache kann man sich häufig schon an den gröberen, schönfibrillären Bruchstücken der Membran überzeugen. Die Figuren Taf. 14 Fig. 4 und 6, 9a—b zeigen derartige Bruchstücke von Leinenfasern, Fig. 10a—b ein solches einer Baumwollfaser bei zwei verschieden tiefen Einstellungen und Fig. 11 ein Bruchstück von Hollundermark. In diesen Photographien erkennt man die Andeutung der Zusammenhänge der Fasern mehr oder weniger gut, speziell Fig. 6 (leider sehr mangelhaft reproduzirt) und Fig. 11 sind in dieser Beziehung wichtig. An günstigen derartigen Stellen ist die hohe Einstellung noch belehrender wie die tiefe. Bei letzterer erscheint eine Art dunkles Gitterwerk, gebildet durch die Fasern und ihre Querverbindungen; bei hoher dagegen wird der Inhalt jeder Masche zu einem dunklen Punkt, so dass zwischen je zwei benachbarten Fibrillen eine perlschnurartige Reihe dunkler Punkte hinzieht. Wenn man gegen die Deutung und Bedeutung derartiger Bilder etwas einwenden mag, so liegt vor allem nahe, auf die Gefahr hinzuweisen, welche aus der Kreuzung von in verschiedenen Richtungen sich unterlagernden Fibrillenpartien entstehen kann, indem dadurch leicht solche Querverbindungen vorgetäuscht werden können. Dasselbe Bild könnte auch eventuell dadurch entstehen, dass sehr dünne aufeinanderfolgende Schichten der Membran einen sich kreuzenden Fibrillenverlauf hätten, was keineswegs unmöglich wäre. Zu den photographisch wiedergegebenen Partien, auf die ich oben hinwies, wurden daher nur solche ausgewählt, wo die Möglichkeit einer Unterkreuzung durch eine zweite Faserschicht meines Erachtens ganz ausgeschlossen war.

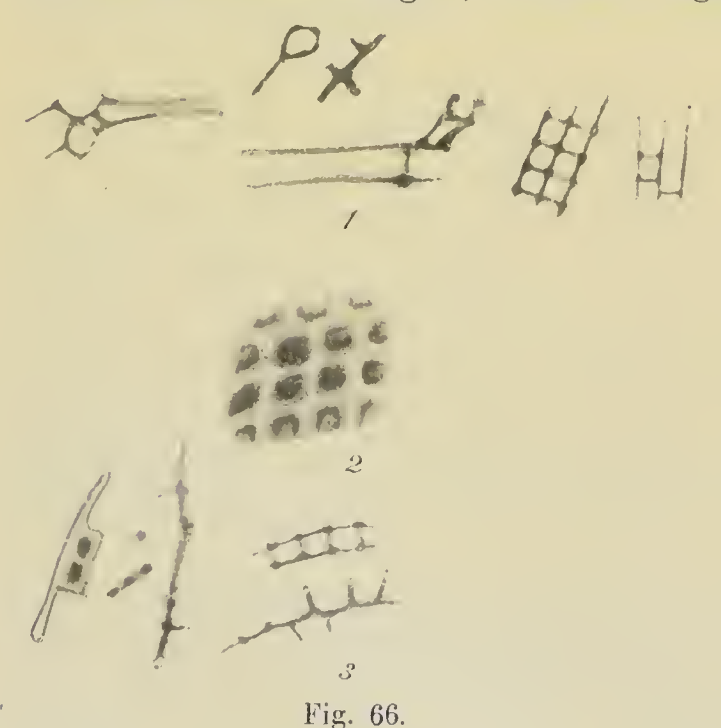


Fig. 66.

Baumwollfaser. 1. Mit Eau de Javelle behandelt, darauf mit Eisenhämatoxylin gefärbt und zerklopft. 2 u. 3 karbonisirt, darauf 20 Minuten in konz. Salzsäure, dann in konz. Kali und zerklopft. Bruchstücke des Wabenwerks. 2 u. 3 links hoch, alle übrigen Figuren tief. Obj. 2, Oc. 12.

Viel sicherere Beweise für den geschilderten Zusammenhang der Fibrillen in querer oder etwas schiefer Richtung erhält man aber, wenn man die kleinsten Bruch-

stücke und schliesslich die Fragmente einzelner Fibrillen untersucht. Dann wird man ganz unzweifelhafte gitterförmige Zusammenhänge zweier oder mehrerer Fasern wahrnehmen, wie sie die nebenstehenden Textfigg. 66, 67 und 68 von Baumwolle, Hollundermark und Leinenfaser möglichst sorgfältig und, mit Ausnahme von Fig. 66, 2, bei tiefer Einstellung zeigen. Diese Textfig. 66 2 zeigt bei eben hoher Einstellung den Gittercharakter der Fasern und ihrer Verbindungen sehr klar. Auch die Fragmente ganz isolirter Fasern verrathen durch die häufigen seitlichen Fortsätze, sowie das vielfache Auftreten knotiger Verdickungen die ursprünglichen Zusammenhänge der Fibrillen sehr gut.

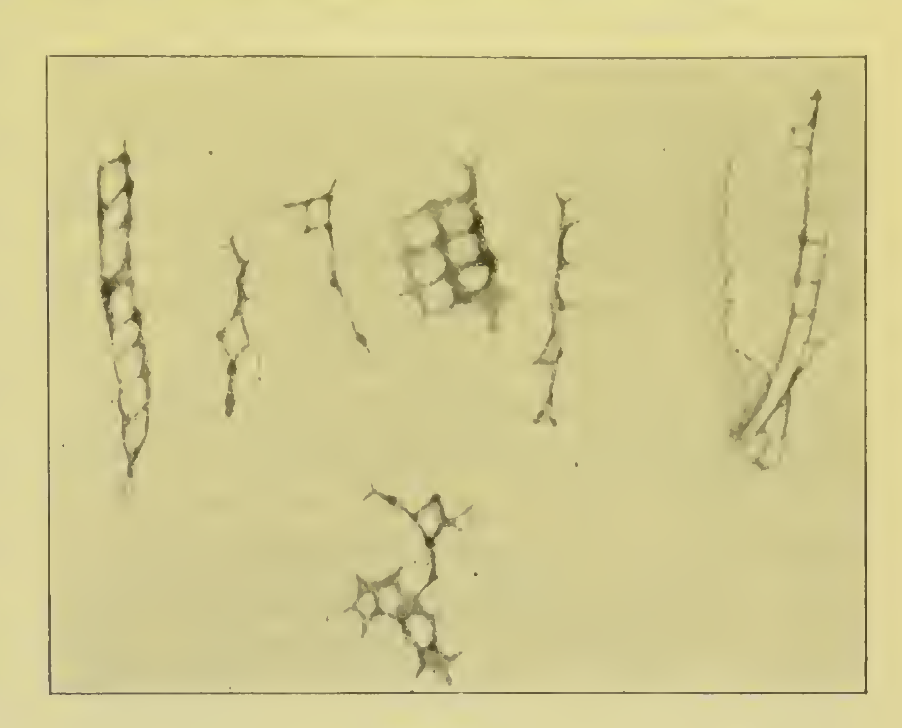


Fig. 67.

Hollundermark. Feine Schnitte, sechs Tage in 30 % Salzsäure bei 40°, darauf mit Eisenhämatoxylin gefärbt und in Wasser zerklopft. Bruchstücke des Wabenwerks. Obj. 2, Oc. 12 Einstellung überall tief.

Da selbst bei stärkster Färbung durch Eisenhämatoxylin und bei Untersuchung in Wasser die zarten Fragmente isolirter Fasern äusserst blass sind, so kann die Untersuchung des fein zerklopften Materials in Luft nach der Eintrocknung von Vortheil sein. Man kann entweder direkt aus Wasser oder nach Ueberführung in Alkohol oder Xylol aus diesen austrocknen. Auf solche Weise erhielt ich z. B. von zerklopfter Leinenfaser sehr charakteristische Bilder (Textfig. 69), welche gleichfalls entschieden für die geschilderten Zusammenhänge der Fibrillen sprechen. Bei der Beurtheilung der getrockneten Bruchstücke und Fragmente ist natürlich grosse Vorsicht geboten; einmal deshalb, weil ursprünglich getrennte Fragmente beim Trocknen sich leicht zusammenlegen und daher scheinbare Verbindungen vortäuschen können und weil es andererseits sehr schwer ist, jede Spur gelöster Substanz in der eintrocknenden Flüssigkeit zu vermeiden. Ein verbleibender, wenn auch sehr geringfügiger Rückstand kann jedoch leicht Ursache von Täuschungen sein, wenn er sich den Fragmenten anlagert. Ohne

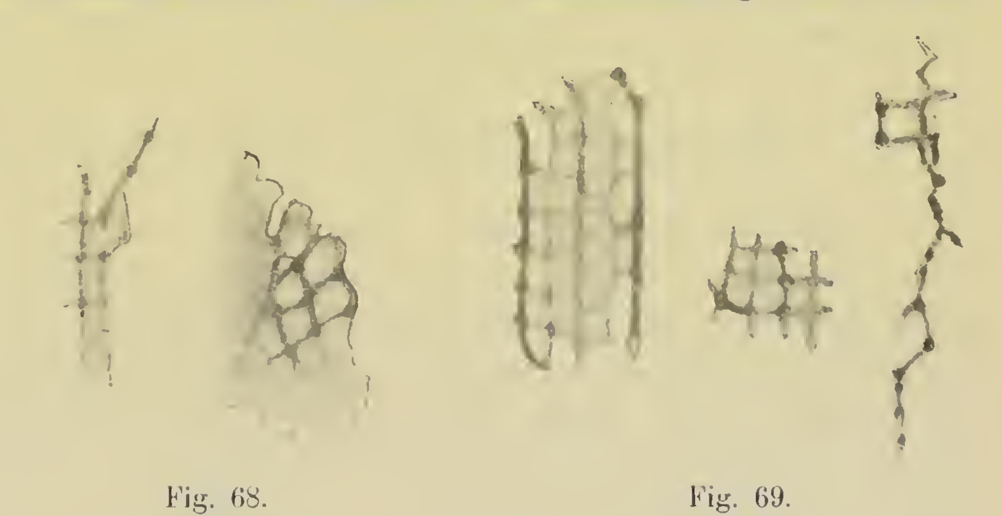


Fig. 68.

Leinenfaser. Mit Eau de Javelle behandelt, darauf mit Eisenhämatoxylin gefärbt und in Wasser zerklopft. Bruchstücke des Wabenwerks. Obj. 2, Oc. 12. Einstell. tief.

Fig. 69.

Leinenfaser. Ebenso behandelt wie Fig. 68; aus Alkohol unter Deckglas ausgetrocknet. Bruchstücke des Wabenwerks. Obj. 2, Oc. 12. Einstell. tief.

die Kontrolle der in Flüssigkeit untersuchten Fragmente dürfen daher solche Trockenpräparate kaum verwerthet werden.

Bei sehr energischem Zerklopfen des längere Zeit mit konzentrirtem Eau de Javelle behandelten Hollundermarks und der Leinenfaser wurden vielfach auch stark abgeplattete, jedoch noch in zweifellosem Zusammenhang befindliche Bruchstücke der Membran erhalten, welche durch und durch unregelmässig netzig-wabig strukturirt waren. Fig. 2 Taf. 12 zeigt derartige Partien von Hollundermark, das vor dem Zerklopfen sehr intensiv mit Eisenhämatoxylin gefärbt war, bei tiefer Einstellung und ziemlich weit geöffneter Blende. Das gesammte Aussehen verräth, dass es sich um ein reines Farbenbild handelt, womit die intensive Färbung und die weite Oeffnung der Blende harmonirt. Die Einstellung ist jedenfalls etwas sehr tief, weshalb die Netzmaschen wahrscheinlich gröber und weiter erscheinen, als sie thatsächlich sind; in ähnlicher Weise, wie wir bei der Betrachtung der oben geschilderten künstlichen Cellulosemembranen, der Sphärenscheiben etc. fanden, dass die Netzmaschen bei tieferer Einstellung gröber werden, aus früher dargelegten Gründen. Dass auch bei starkem Zerklopfen der Leinenfaser ganz entsprechend gebaute Partien entstehen, zeigt Fig. 1, Taf. 12, stark mit Eisenhämatoxylin gefärbt und aus Wasser getrocknet, bei mässig tiefer Einstellung und gleichfalls ziemlich weit geöffneter Blende, so dass, wie sichtlich, störende Beugungslinien kaum vorhanden sind.

Bei hoher Einstellung war aber an derartigen Partien von Leinenfasern bei Untersuchung in Wasser zu beobachten, dass auch die Balken des Netzgerüstes nicht homogen sind, sondern noch eine feinere Struktur besitzen, von der ich hier unentschieden lassen will, ob sie auf eine Zusammensetzung des Balkenwerks aus feinsten Globuliten oder auf einen feineren Maschenbau hinweist. Bei der folgenden Besprechung der Quellungsstrukturen wird diese Frage zu erwägen sein.

Quellung der Baumwollfaser in Kupferoxyd-Ammon.

Wird die Baumwollfaser in Cu.O.A., das schon eine gewisse Quantität Baumwolle gelöst hat, gebracht, so quillt sie sehr stark, wobei sofort eine feine gekreuzte Spiralstreifung prachtvoll hervortritt. Im Gegensatz zu der unveränderten Faser sind hier die beiden Streifensysteme annähernd gleich deutlich, wie die Figuren 1 und 2 Taf. 11 gut zeigen. Ebenso klar ist, dass die Kreuzstreifung nicht etwa von den beiden, sich überdeckenden Wänden der Zelle herrührt. Sie ist bei jeder beliebigen Tiefeneinstellung auf die Wand der Fasern wahrzunehmen und beruht also auf einer Struktur, welche durch die ganze Wanddicke hindurchgeht. Die Streifung ist viel feiner als die, welche im ungequollenen Zustand zu sehen ist, und die Vergleichung verschiedengradig gequollener Fasern zeigt, dass sie sich mit dem Grade der Quellung verfeinert; was wohl nur so geschehen kann, dass zwischen den vorhandenen Streifen neue auftreten. Die Berechnung der Breite der Fibrillen und ihrer Zwischenräume nach dem oben p. 213 angewendeten Verfahren ergiebt für Fig. 1 Taf. 11 ca. 0,5 μ, für Fig. 2, Taf. 11 noch weniger, ca. 0,3 μ; also im Allgemeinen ähnliche Dimensionen, wie wir sie für die durch Zerklopfen dargestellte feine Fibrillirung fanden. Beim Aufquellen ist ferner deutlich wahrzunehmen, dass sich eine äusserste, dünne Schicht abweichend von der Haupt-

masse der Membran verhält. Diese Lamelle erscheint deutlich fein querstreifig-wabig; sie wird bei der Quellung, wie es scheint, gesprengt, da sie sich manchmal nur in Fetzen erhalten hat. Auch fand ich sie gelegentlich streckenweise abgehoben. Auf der Gegenwart dieser, nicht oder wenig quellenden Aussenschicht scheint es ferner zu beruhen, dass die aufgequollenen Fasern häufig ringförmige Einschnürungen besitzen, manchmal geradezu perlschnurförmig erscheinen. Man sieht an diesen Stellen einen aus ringförmigen Fasern bestehenden Gürtel um die Faser ziehen, der die Quellung hier verhinderte. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Schnürringe von dem erwähnten Aussenhäutchen gebildet werden.

Die Aussenlamelle ist auch an den macerirten Fasern häufig recht deutlich wahrzunehmen; sie färbte sich mit Eisenhämatoxylin lebhaft, selbst wenn die Hauptmasse der Membran ungefärbt blieb, und zeigte dann den wabigen bis wabigstreifigen Bau gewöhnlich recht schön. Ganz ebenso wurde auch bei der mit Javelleschem Wasser behandelten Leinenfaser eine solche Aussenlamelle von besonderer Struktur beobachtet, hie und da deutlich etwas querstreifig und im Allgemeinen von verworren netzigem (resp. wabigem) Bau.

Für die Beurtheilung der feineren Struktur ist natürlich auch die Beschaffenheit des Längs- und Querschnittes sehr wichtig. An den gequollenen Baumwollfasern liess sich der optische Längsschnitt häufig gut beobachten. Die Schichtung, welche an den macerirten Fasern nur selten hinreichend deutlich ist, tritt auf dem optischen Längsschnitt der gequollenen ungemein klar hervor (s. Taf. 11, Fig. 4) und zeigt ausserdem, wie zu erwarten war, an günstigen Stellen deutlich, dass die einzelnen, bei tiefer Einstellung dunklen Schichten, also die stark lichtbrechenden, durch senkrechte Bälkchen unter einander verbunden sind, d. h. jede Schichte repräsentirt sich auch hier, wie bei Caulerpa, auf dem Durchschnitt als eine Lage feiner Kämmerchen mit schwachbrechendem Inhalt und starkbrechenden Wänden. Wenn wir die Photographie Fig. 4, Taf. 11 zu Grunde legen und in gleicher Weise, wie oben für die Breite der Fasern und der Zwischenräume, die Dicke der Schichten und ihrer Zwischenräume berechnen, so kommen wir zu ähnlichen Zahlen, in diesem Fall zu ca. 0,4 μ.

Das gleiche Bild wie der optische Längsschnitt bietet auch ein feiner Querschnitt der Baumwoll- oder Leinenfaser, der in Cu.O.A. mässig gequollen ist (s. Fig. 6 Taf. 11). Die gleiche Kämmerung der Schichten tritt an günstigen Stellen bestimmt hervor und die Grössenverhältnisse sind im Ganzen dieselben. Die untersuchten Querschnitte wurden aus in Gummiglycerin eingetrockneten Fasern mit dem Mikrotom möglichst dünn (ca. 1—3 μ) hergestellt. Sie sind nun aber in Cu.O.A. viel energischerer Quellung fähig, als Fig. 6 Taf. 11 zeigt, und solche stark gequollenen Schnitte lassen bestimmt erkennen, dass auch in den, bei tiefer Einstellung anscheinend homogenen dunkleren, dichteren Schichten und den sie verbindenden Radiärbälkchen eine feinere Struktur besteht. Betrachten wir uns zunächst die Photographien Figg. 5 u. 7 Taf. 11 u. Fig. 8 Taf. 24, welche Theile solch' stark gequollener Querschnitte von Baumwollfasern darstellen, während schon 1894 (Taf. 6, Fig. 16) ein ähnlicher Querschnitt einer Leinenfaser veröffentlicht wurde. Die viel stärkere Quellung ergiebt sich, wenn wir die Dickenverhältnisse der Schichten und ihrer Zwischenräume wie früher berechnen; für Fig. 5 erhalten wir dabei nahezu

1 μ, für Fig. 7 sogar 2,8 μ, also das 6—7fache der oben, bei den weniger gequollenen Fasern gefundenen Zahlen.

Gleichzeitig tritt an den stark gequollenen Schnitten klar hervor, dass die dichteren konzentrischen Schichten und die Radiärbälkchen nicht mehr unstrukturirt sind, sondern in diesem Zustand eine feinere Struktur zeigen. Dieselbe ist eine sehr feinnetzige, wie es die Photographien zeigen. Da die Reproduktion so zarter Details auf den Photographien Taf. 11 Figg. 5 und 7 nicht genügt, so wurde auf Fig. 8 Taf. 24 eine Partie der Photographie Fig. 5, Taf. 11, stärker vergrössert und durch Retouche etwas verdeutlicht wiedergegeben.

Im Allgemeinen kann man über die vorliegende Struktur der dichten Schichten und der Radiärbälkchen sagen, dass es sich aller Wahrscheinlichkeit nach ganz um die gleichen Verhältnisse handelt, welche an den dünnen Sphärenscheiben so vorzüglich zu studiren waren, nämlich um einen sehr feinwabigen Bau der dichteren Schichten und einen gröberen der weniger dichten oder der sog. Zwischenräume, wie wir sie seither bezeichneten. Der gröbere Bau der letzteren Schichten wird hauptsächlich dadurch bedingt, dass in ihnen eine Reihe oder Lage gröberer Hohlräumchen vorhanden ist, die schon bei schwächerer Quellung deutlich hervortreten und die Kammerung der Schichten bedingen, welche bei mässiger Quellung sichtbar ist. Bei starker Quellung ergiebt sich dann, dass auch die Bälkchen zwischen diesen gröberen Kämmerchen, die Rädiärbälkchen, wie wir sie vorhin nannten, einen feineren Wabenbau aufweisen, ebenso wie die dichten Schichten, denen sie ja auch an den wenig gequollenen Schnitten im Aussehen entsprechen.

Die geschilderte feinere Struktur der dichten Schichten und Radiärbälkchen ist nur bei sehr scharfer Einstellung auf die erste Tiefe deutlich wahrzunehmen. Bei tieferer Senkung des Tubus werden die betreffenden Gebilde unter Verschwimmen der Struktur gleichmässig dunkel, wie es auf Fig. 7, Taf. 11 oben zu sehen ist. Das Bild erhält dann wieder den einfacheren Charakter, den es im mässig gequollenen Zustand zeigte, mit dem Unterschied, dass die Kämmerchenstruktur der Schichten nun viel gröber ist; dass dies tiefere Bild nur auf dem mehrfach erörterten Schwinden der feineren Struktur bei Einstellung auf die zweite Tiefe beruht, bedarf hier keiner nochmaligen Erläuterung. Da dies Bild gröber und gleichzeitig dunkler ist als das scharfe Bild der ersten Tiefe, so wird es auch zunächst in die Augen fallen und das richtige Bild leicht übersehen werden. Dies gilt z. B. für den auf Fig. 3 Taf. 11 dargestellten, wenig gequollenen feinen Querschnitt einer Bastfaser von Nerium oleander, für den es kaum zweifelhaft sein kann, dass sowohl die dichteren Schichten als auch die etwas unregelmässigen Radiärbälkchen eine feinere Struktur besitzen, welche hie und da sogar in Andeutung zu erkennen ist.

Für die Richtigkeit der vorgetragenen Auffassung der Struktur sprechen noch einige, auch in anderer Hinsicht interessante Erfahrungen, die an den in Kupferoxydammon gequollenen Schnitten gemacht wurden. An derartigen Präparaten von Baumwollschnitten, die mit einer Lösung von Cellulose in Cu.O.A. gequollen waren, zeigte sich bei längerer Aufbewahrung in der feuchten Kammer die bemerkenswerthe Erscheinung, dass Cellulose aus der Lösung abgeschieden und den Schnitten aufgelagert wurde (s. die Figg. 8 und 9 Taf. 11). Diese Celluloseauflage-

rung war schon durch ihre Blaufärbung von der Substanz der Schnitte deutlich zu unterscheiden. Das Charakteristische und Wichtige der Auflagerungen bestand darin, dass sie die Schichtung der Schnitte, welche ihnen als Grundlage dienten, ganz genau wiederholten, wie dies die Figg. 8 a und b zeigen. Bei dieser Figur handelte es sich um eine Auflagerung, welche sich an der Unterseite eines Schnittes gebildet hatte, der zweifellos etwas schief zur Längsachse der Faser gegangen war. Bei Untersuchung dieser Auflagerung erhielt man das klarste und einfachste Bild bei tiefster Einstellung, also bei sog. zweiter Tiefe (Fig. 8 a). Schöner wie seither tritt uns hier das Bild dichter, dunkler, durch Radiärbälkchen verbundener Schichten entgegen, das wir schon auf den Längs- und Querschnitten kennen lernten. Auch zeigt die Vergleichung mit dem natürlich etwas verschwommenen Bild der Schichten des Schnittes, dass sie mit denen der Auflagerung vollkommen übereinstimmen. Bei scharfer Einstellung zeigte sich dagegen klar, dass auch hier dies Bild der zweiten Tiefe nicht ganz genau der Wirklichkeit entspricht, sondern dadurch entstanden ist, dass die feinere Struktur der dunklen Schichten und Radiärbälkchen bei der tiefen Einstellung geschwunden ist und gleichzeitig die kämmerchenartigen Hohlräume der Schichten vergrössert, d. h. durch scheinbaren Zusammenfluss einzelner Waben umfangreicher erscheinen. Fig. 8 b zeigt die gleiche Stelle bei ganz wenig hoher Einstellung und lässt die feinere Struktur in dieser Ansicht erkennen, was ebenso auch bei Einstellung auf die erste Tiefe der Fall war. Obgleich die Vergrösserung etwas gering und daher die Deutlichkeit der feinen Struktur nicht genügend ist, lässt sich doch nicht verkennen, dass die vorliegende Struktur im Prinzip dieselbe sein muss, die wir an den Sphärenscheiben (s. oben p. 206) so deutlich verfolgen konnten; und dass ferner auch die viel deutlichere Struktur der aufgelagerten Partie jedenfalls mit der des Schnittes ganz übereinstimmt, auf dem sie sich gebildet hat. In Fig. 9 Taf. 11 ist eine zweite derartige, auf dem Querschnitt einer Baumwollfaser niedergeschlagene Cellulosepartie photographirt. Diese bei geringer Tiefstellung des Tubus aufgenommene Partie erscheint einfach zart wabig geschichtet (Vergr. 1380), ohne Unterscheidung dickerer dichterer Schichten und Zwischenräume wie auf Fig. 8 a und b. Bei tieferer Einstellung auf den Schnitt liess sich die genaue Uebereinstimmung der Schichten des Schnitts mit denen der Auflagerung deutlich feststellen. Besonders schön zeigt diese Auflagerung den Wabenbau. Soweit sich die Einstellung beurtheilen lässt, ist sie wohl nicht wesentlich tiefer als erste Tiefe, wonach also der sichtbare Wabenbau dem richtigen feinen entspräche, der bei eben tiefer Einstellung deutlich ist.

Nach allem, was wir über die Bauverhältnisse der künstlichen Cellulosemembranen und Sphären kennen lernten, machen es nun diese Erfahrungen über die gequollenen Querschnitte und die entsprechenden an dem optischen Längsschnitt höchst wahrscheinlich, dass auch der natürlichen Cellulosemembran ein feinnetziger oder wohl richtiger feinwabiger Bau zu Grunde liegt. Diese Wahrscheinlichkeit muss dann ihrerseits die Deutung der in der Flächenansicht sichtbaren gekreuzten Streifung beeinflussen. Die Macerationen und Zerklopfungen lehrten, dass die feinen Fibrillenelemente, in welche sich die Membran unter diesen Bedingungen zerlegen lässt, durch quere Verbindungen zusammenhängen. Diese Verbindungen müssen, wenn

sie genügend deutlich sind, ein zweites, das erste kreuzende Streifensystem hervorrufen, wie es ja beim Aufquellen in der ganzen Dicke der Membran klar auftritt. Da man nun an zerklopften Stücken häufig Gelegenheit hat, das Streifensystem, welches durch die Verbindungen der Fasern hervorgerufen wird, in weniger scharfer Andeutung zu sehen, so könnte man vermuthen, dass die so deutliche spirale Kreuzstreifung, welche an gequollenen Baumwollfasern auftritt, und deren beide Systeme etwa gleich deutlich erscheinen, darauf beruhe, dass die Streifungsrichtung in den auf einander folgenden zarten Schichten alternire und die Kreuzstreifung davon herrühre. Wäre dies aber der Fall, so müsste doch unbedingt die spirale Kreuzstreifung auch an der macerirten und zerklopften Faser in gleich deutlicher Ausbildung zu sehen sein, was nicht zutrifft.

Dies führt denn wieder zu der, auch durch die thatsächliche Beobachtung als die wahrscheinlichste sich aufdrängenden Meinung, welche schon Nägeli vertrat: dass nämlich die spirale Kreuzstreifung der gequollenen Faser in jeder Einzelschicht vorhanden ist, dass sie, so zu sagen, auf einer wirklichen Durchdringung, nicht jedoch auf einer Ueberkreuzung von Fibrillen der auf einander folgenden Schichten beruhe. Für unsere Auffassung der feinen Membranstruktur als einer wabigen (zum mindesten netzigen) ist nun eine solche Durchkreuzung der scheinbaren Fasern einer und derselben Schicht nicht schwer verständlich, was sie dagegen natürlich ist, sobald man die Ursache der Spiralstreifung in isolirten Fasern oder Falten der Schichten sucht. In dieser Deutung der gekreuzten Spiralstreifung werden wir durch die früher geschilderten Beobachtungen bestärkt, welche zeigten, dass die Hervorbildung solch' kreuzstreifiger Strukturen in wabig gebauten Substanzen leicht eintreten kann. Wenn auch den früher (p. 179 ff.) genauer erläuterten Beispielen der gedehnten Fäden von Gelatine, Gummi, Collodium und Kanadabalsam und ihrer so charakteristischen kreuzstreifigen Struktur kein entscheidendes Wort bei der Beurtheilung der Membranstruktur der Bastfasern zukommt, so wird dadurch doch die mögliche Richtigkeit der dargelegten Auffassung sicher erweisen.

Die von mir geltend gemachte Deutung setzt voraus, dass die Hohlräumchen der Waben oder Maschen, bezw. auch im Allgemeinen die sich aus solchen Hohlräumchen zusammensetzenden, schwächer brechenden Zwischenräume der Spiralstreifen uud die schwächer brechenden Schichten des Längs- und Querschnitts, von wässeriger Flüssigkeit erfüllt und deshalb so schwach brechend sind.

Nach der Ansicht, welche der vorgetragenen am nächsten kommt, nämlich der Nägeli's, wurden diese Räume oder Schichten seither für wasserreichere Schichten angesehen, d. h. für solche, zwischen deren Micellen Wasser reichlicher eingelagert sei als in den dichteren Schichten und den Fibrillen. Auch nach meiner Auffassung beruht ja der Unterschied der dichten und weniger dichten Schichten auf der Verschiedenheit des Wassergehaltes, welche jedoch nicht von stärkeren micellaren Anziehungsverhältnissen zu Wasser herrührt, sondern von der gröber-wabigen Struktur, die es bedingt, dass diese Schichten relativ mehr Wasser und weniger feste Substanz enthalten als die dichten.

Nach unseren früheren Erfahrungen war zu erwarten, dass sich der wässerige Inhalt der Hohlräumchen durch die von uns mehrfach versuchte Trocknungsmethode erweisen lassen müsse, indem sich die Räumchen dabei wahrscheinlich mit Gas

erfüllen. Diese Vermuthung hat sich bestätigt. — In Cu.O.A. aufgequollene Baumwollfasern wurden zur Entfernung der Kupferverbindung zunächst in verdünnter Salzsäure und schliesslich in Wasser gut ausgewaschen; darauf wurden sie successive durch verdünnten Alkohol etc. in Xylol übergeführt und unter der Wasserluftpumpe auf dem Deckglas oder Objektträger ausgetrocknet. Die so behandelten Fasern waren im durchfallenden Licht meist ganz undurchsichtig; die Spiralstreifung war zwar gut erhalten, wegen der grossen Dunkelheit aber schwer zu sehen. Es fanden sich jedoch auch Fasern, vermuthlich stärker gequollene, welche durchsichtiger waren und die feine gekreuzte Spiralstreifung ganz wohlerhalten und gaserfüllt zeigten. — Das letztere wird nun weiterhin noch dadurch erwiesen, dass es gelingt, diese ausgetrockneten Fasern, mit theilweiser Erhaltung ihrer Gaserfüllung, in Kanadabalsam einzubetten, indem man hierzu auf dem Objektträger oder dem Deckglas geschmolzenen Kanadabalsam verwendet, der so rasch erstarrt, dass die Gaserfüllung vieler Fasern theilweise oder ganz erhalten bleibt. Die erwähnten Fasern mit deutlicher feiner Kreuzstreifung bleiben in solchen Präparaten häufig sehr schön gaserfüllt. Dies erweist Fig. 11 Taf. 18, welche eine solche Faser darstellt, und namentlich auch grosse Aehnlichkeit mit der Struktur gedehnter Gelatinefäden zeigt. Wie bei letzteren, sieht man auch hier an Fasern, welche von Kanadabalsam theilweise durchdrungen sind und daher, wo dies eingetreten, jede Andeutung der Struktur verloren haben, vielfach einzelne isolirte, noch gaserfüllte feinste Räumchen, welche die Deutung der feinen Struktur als einer wabigen sehr wesentlich unterstützen.

c) Einige Bemerkungen über die früheren Ansichten von der feineren Struktur der pflanzlichen Zellmembran.

Am Schlusse der Schilderung meiner Erfahrungen über die Strukturen der Cellulosegebilde kann ich nicht umhin, die seitherigen Vorstellungen über diese Verhältnisse ganz kurz zu berühren. Bei dem Umfang der Litteratur, die gerade über diese Frage entstanden ist, verzichte ich auf die Erörterung der einzelnen Leistungen, und behandle die verschiedenen aufgetretenen Ansichten im Zusammenhange.

Lehre von der fibrillären Zusammensetzung. Als älteste Anschauung muss zunächst diejenige erwähnt werden, welche einen feinfaserigen oder fibrillären Bau der Zellmembran annahm und darauf im Besonderen auch die spiraligen und sonstigen Streifungserscheinungen der Membranen zurückzuführen suchte. Diese, von den älteren Beobachtern, wie Valentin (1837), Meyen (1837), J. Agardh (1852), Crüger (1854, 1855), Schacht (1854) vertretene Meinung, wurde vorwiegend unter dem Einfluss der Nägeli'schen Arbeit (1864) verlassen und durch eine andere ersetzt. Schon Mohl (1836, 1837 und 1853) hatte Fibrillen in den gestreiften Membranen auf keine Weise isoliren können. Dagegen hielt er es für möglich, dass „jene Streifen nur die Andeutungen von einer ungleichförmigen, nach der Richtung einer Spirale geordneten Anordnung der Moleküle der Zellmembran sind" (1853, p. 775).

Nägeli's Lehre von der Ursache der Struktur durch Differenzen im Wassergehalt. Eine zweite Anschauung über den Aufbau der Membran wurde von C. Nägeli (1864) begründet, in nahem Anschluss an seine Theorie des Baues und Wachsthums der Stärkekörner. Diese Lehre leitet Schichtung und Streifung der Membran von einer und derselben Ursache ab, nämlich dem verschiedenen Wassergehalt und der daherrührenden verschiedenen Dichte der abwechselnden Schichten und Streifen. Dabei vertrat Nägeli gleichzeitig die Ansicht, dass in einer und derselben Schicht zwei verschiedene, sich kreuzende Streifensysteme gleichzeitig bestehen könnten, ein Punkt, über den Mohl (1853) nicht hinreichend sicher geworden war. Wie bekannt, suchte Nägeli für die Stärkekörner und Zellmembranen die Meinung zu begründen, dass Schichtung und Streifung durch nachträgliche Differenzirung, im Zusammenhang mit dem Wachsthum durch Intussusception, in der anfänglich strukturlosen, homogenen Membran entstünden. Diese Nägeli'sche Lehre, von der Entstehung der Schichtung und Streifung durch Verschiedenheit des Wassergehaltes, hat sich wenigstens für die Bastzellen bis in unsere

Tage erhalten; so wird sie auch von Correns (1891) vertreten, der jedoch neben dem Unterschied im Wassergehalt auch die Möglichkeit von Substanzdifferenzen zugiebt.

Lehre von der Entstehung der Streifung durch Fältelung der Schichten. Für gewisse Membranen suchte schon Wiegand (1856) die Streifung auf Fältelung oder wellenförmige Biegungen der Schichten zurückzuführen, eine Ansicht, welcher sich später Correns (1893, 1) für die Membran der Algen anschloss.

Schichtung und Apposition. Die den älteren Forschern so natürlich erscheinende Rückführung der Schichtung auf successive Auflagerung durch Appositions-Wachsthum wurde, wie eben bemerkt, von Nägeli zurückgewiesen, dem sich die hervorragendsten Botaniker, wie Hofmeister, Sachs u. A. anschlossen, so dass Nägeli's Lehre lange Zeit unbestritten herrschte. Auf zoologischem Gebiet hat man ihr in analogen Fällen nie grosse Neigung entgegengebracht. Die ganz ähnliche Schichtung zahlreicher Krystalle hätte zur Vorsicht mahnen können. Im Anschluss an die Erschütterung der Lehre vom Wachsthum der Stärkekörner durch Intussusception, welche die Arbeiten Schimper's (1881) einleiteten, erwarb sich Strasburger (1882) das wesentliche Verdienst, auch für die Zellmembran das Appositionswachsthum durch ausgedehnte Untersuchungen zu vertheidigen im Gegensatz zu Nägeli[1]). Die Schichtung der Membranen und Stärkekörner beruhten nach seiner Auffassung im

[1]) 1889 hat Strasburger jedoch seine Ansicht über das rein appositionelle Wachsthum der Zellhäute wieder etwas eingeschränkt, indem er jetzt (p. 171—172 u. a. a. St.) auch ein inneres Wachsthum der Membranen und Membranlamellen durch einwandernde Substanz zugiebt, die entweder Hyaloplasma sei, das sich später in Cellulose umwandle, oder „gleichwerthiger Membranstoff“ im gelösten Zustand. Ein Wachsthum im letzteren Sinne würde meinen Ansichten nicht entgegenstehen, wenn ich auch eine solche Ablagerung weiterer Cellulose in dem Wabengerüst einer Membran nicht als Wachsthum durch Intussusception bezeichnen könnte, um so weniger, als dabei voraussichtlich überhaupt kein Wachsthum, d. h. Volumvergrösserung der Membran stattfände, sondern nur eine Zunahme ihres Cellulosegehalts, d. h. eine Vermehrung ihrer Dichte.

Der Begriff des Wachsthums durch Intussusception ist von Nägeli, seinem Begründer, scharf präcisirt worden, als ein molekularer oder micellarer Vorgang, der auf der Einschiebung neuer Moleküle oder Micellen zwischen die des wachsenden einheitlichen quellbaren Körpers beruht. In dieser Auffassung ist der Begriff des Wachsthums durch Intussusception in der Botanik Jahrzehnte hindurch angewendet worden und in diesem unverkennbaren und geläufigen Sinne habe auch ich diesen Begriff gebraucht, als ich mich 1888 gegen ein Wachsthum des Plasmas durch Intussusception aussprach. Dagegen fasst Pfeffer (1892, p. 254) den Begriff der Intussusception ganz anders auf. Er bemerkt: „Es ist vielleicht nicht ganz überflüssig, hier nochmals hervorzuheben, dass, was auch schon Lamarck aussprach, Intussusception zum Wesen des Organismus gehört. Denn (ganz abgesehen von der Zufuhr von Wasser und gelösten Substanzen) bedeutet jede Wasserzunahme grosser oder kleiner Theile ein Wachsthum und sofern diese im Innern liegen, in Bezug auf die Umgebung eine Intussusception, mit welcher ein Auseinanderweichen der Umgebung unvermeidlich verknüpft ist. Demgemäss bedingt jede bleibende Vergrösserung einer Binnenzelle ein Wachsthum durch Intussusception, welches eben so sich vollzieht, wenn innerhalb einer Zelle Stärkekörner, Krystalle, Vakuolen, gleichviel wie entstehen oder wachsen, oder auch wenn feste Partikel in das Protoplasma sich eindrängen.“ Soweit mir diese Ausführungen klar sind, scheint aus ihnen hervorzugehen, dass Pfeffer in jedem Entstehen eines individualisirten einheitlichen Körpers im Innern eines anderen (so der eines Stärkekorns, eines Krystalles oder einer Vakuole in der Zelle) einen Intussusceptionsvorgang erblickt. Dass diese Vorstellung eine sehr sonderbare ist, scheint auf der Hand zu liegen; denn die Bildung solcher Körper im Innern der Zelle ist gar nicht mit einer Volumzunahme der letzteren verbunden, höchstens mit geringfügigen Volumschwankungen. Bei der Abscheidung dieser individualisirten Körper aus dem Plasma muss dies in entsprechendem Mass an Volum abnehmen. Volumzunahme der Zelle kann nur dann mit der fortgesetzten Bildung solch' individualisirter Körper verknüpft sein, wenn gleichzeitig Zufuhr neuer Stoffe in die Zelle von Aussen stattfindet. Die Pfeffer'sche Begriffsaufstellung für die Intussusception würde in ihren Konsequenzen zu der seltsamen Vorstellung führen, dass man Wachsthum durch Intussusception bewirke, wenn man in ein Gelatinestück einen festen Körper hineinpresst. Wollte man jedoch aus der Pfeffer'schen Definition der Intussusception die Volumzunahme des Körpers, in dessen Innern ein zweiter Körper wächst („gleichviel wie“) ganz streichen, so würde sich ergeben, dass sämmtliches Wachsthum, das überhaupt stattfindet, ein Intussusceptionsvorgang ist; denn kein Körper wächst ohne in einem zweiten enthalten zu sein und „weil damit ein Auseinanderweichen der nächsten Umgebung unvermeidlich verknüpft ist“. Wenn wir daher eine konzentrirte Salzlösung haben, in der Krystalle wachsen, so wäre dies ein Intussusceptionsvorgang; jedenfalls wäre aber eine volle Uebereinstimmung mit der Pfeffer-

Wesentlichen nur auf der Aufeinanderlagerung zahlreicher gleichbeschaffener dünner Lamellen, deren Grenzfläche unter dem Mikroskop als dunkle Grenzlinien erscheinen sollen. Häufig sind auch die Lamellen so dicht aufeinandergelagert und so dünn, dass sie in gewissen Lagen oder Schichten nicht wahrnehmbar sind (ohne Quellung etc.), so dass Schichten entstehen, die selbst wieder aus vielen Lamellen zusammengesetzt sind. Den Zusammenhang der Lamellen, resp. Lamellenkomplexe, denkt sich Strasburger durch einfache Adhäsion bewirkt, und dies ist jedenfalls der schwache Punkt in seiner sonst zutreffenden Ansicht: denn mit Recht wurde seiner Meinung entgegengehalten (so z. B. von Zimmermann, 1887, p. 582, Correns, 1891, p. 255), dass bei absolut dichter Auflagerung und gleicher Brechbarkeit eine Schichtung nicht zu sehen sein könne und dass bei Anwesenheit von Zwischenräumen ein so festes Adhäriren, wie es die bedeutende Festigkeit der Membranen erfordert, undenkbar sei. Letzteres wäre namentlich dann bedenklich, wenn nach Imbibition der Membran solche Zwischenräume doch sicherlich mit Wasser erfüllt sein müssen, ohne dass die Festigkeit wesentlich verringert worden wäre.

Strasburger könnte sich für seine Meinung auf die Thatsache berufen, dass man recht gut die feine Schichtung sieht, wenn man durch wiederholtes Eintauchen eines Stäbchens oder dergl. in verdünnte Lösungen und Gerinnung oder Trocknung der erzeugten Schicht, geschichtete Häute künstlich darstellt. Wie M. Schultze (1863) auf diese Weise geschichtete Collodiumkügelchen darstellte, hat auch Strasburger (p. 214) geschichtete Eiweisshäute dadurch erzeugt, dass er einen Objektträger abwechselnd in zweifach verdünnte Eiweisslösung und absoluten Alkohol tauchte. Er erhielt so schön geschichtete Membranen mit einer Schichtdicke von 2 μ. Dass nun in diesem Fall deutliche Schichten zu sehen waren, ohne dass dies von Adhäsionsflächen in Strasburger's Sinne herrührt, wird aus dem, was in dem Kapitel über die Eiweissgerinnung bemerkt wurde, verständlich sein. Denn sobald Wabenbildung ins Spiel kommt, werden ja successive Wabenlagen Schichtung hervorrufen. Bei den von mir (s. weiter unten im Abschn. üb. Stärke) hergestellten, schön geschichteten Stärkeüberzügen bin ich dagegen zur Vorstellung gekommen, dass die Deutlichkeit der Schichtgrenzen auf minimalen Spuren von eingeschlossener Luft auf den Schichtgrenzen, resp. auch von leeren Räumchen herrührt, und ähnlich dürfte es sich auch mit dem Collodium verhalten, bei dem jedoch zu beachten ist (s. oben p. 59), dass es schon bei einfachem Eintrocknen wabig erstarrt. In diesen Fällen stehen jedenfalls die Schichten in direktem Zusammenhang, adhäriren nicht nur aneinander und die Kenntlichkeit der Schichten beruht auf den namhaft gemachten Ursachen.

Lehre von der Verursachung der Streifung durch Spiralbänder. Bezüglich der Streifung der Membranen vertritt Strasburger eine vierte Ansicht, die schon Dippel (1879) angedeutet hatte. Er ist nämlich der Meinung, dass die Streifung von sehr schmalen, bandartigen Verdickungen auf der Innenseite der Membranen herrühre, entsprechend den bekannten Spiralbändern

---

schen Definition der Intussusception gegeben, wenn wir unter Verhütung der Verdunstung etwas Chlorcalcium und etwas kohlensaures Kali auf den Boden einer mit Wasser gefüllten Schale bringen und so die allmähliche Bildung von Sphäriten und Krystallen des kohlensauren Kalks hervorrufen und von Zeit zu Zeit durch Zufügung neuer Nahrung den Vorgang weitergehen lassen.

Der springende Punkt, um den es sich in der Intussusceptionsfrage handelt, ist nicht der von Pfeffer betonte, sondern der, ob, wie Nägeli meinte, zwei fundamental verschiedene Wachsthumsarten sonst ganz ähnlich gebauter Körper in der Natur vorkommen, nämlich die des Krystalls durch Apposition und die des Stärkekorns u. s. w. durch Intussusception im Nägeli'schen Sinne. Wenn Nägeli sich schliesslich von dem Vorgang des Intussusceptions-Wachsthums in seinen letzten Bedingungen eine Vorstellung entwickeln musste, welche etwa dem entspricht, was sich Pfeffer unter Intussusception auf dem Gebiet des Sichtbaren vorstellt, so ist damit für die Berechtigung des Pfeffer'schen Begriffs nichts gewonnen, denn Nägeli selbst hätte sich jedenfalls gegen die Pfeffer'sche Interpretation verwahrt. Da nach unseren zeitigen Erfahrungen eine Verschiedenheit des Wachsthums einheitlicher quellbarer und nichtquellbarer Körper durch Apposition und Intussusception, wie es Nägeli meinte, sehr unwahrscheinlich ist, so scheint es auch keinen Vortheil zu bieten, den Begriff des Intussusceptionswachsthums in neuer Gestalt auf sich durch Stoffzufuhr ernährende uneinheitliche Körper wie die Organismen zu übertragen, denn wenn deren einzelne einheitlichen Bestandtheile durch Apposition wachsen, so wächst eben auch die Gesammtheit durch Apposition.

Wenn daher Intussusception in der Pfeffer'schen Definition im uneinheitlichen Organismus natürlich überall vorkommt, so ist sie doch nichts charakteristisches für denselben; und wenn Pfeffer es nicht versteht, dass ich auch für das Appositionswachsthum des Protoplasmas eingetreten bin, so beruht dies, wie dargelegt, darauf, dass er unter Intussusceptionswachsthum etwas ganz anderes versteht wie Nägeli.

der Gefässe. Indem diese Bänder bei der Schichtbildung durch successive Auflagerung neuer sich verdickten, blieben zwischen ihnen ebensolche Adhäsions- oder Kontaktflächen wie zwischen den Schichten, woher es komme, dass man auf dem in Schwefelsäure gequollenen Querschnitt einer Holzzelle von Pinus ausser den Grenzflächen der Schichten auch die der Spiralbänder als radiale Linien wahrnimmt, die an den Schnittstellen mit den Grenzlinien der Schichten dunklere knötchenartige Verdickungen zeigen. Dieser Querschnitt der Pinuszelle (Taf. 3, Fig. 22) bietet genau das Bild, welches wir für die mässig gequollenen Querschnitte der Baumwoll- oder Leinenfaser geschildert und abgebildet haben, nur etwas verschwommen. Strasburger betont auch richtig die völlige Uebereinstimmung dieses Bildes mit dem schwach gequollener Stärkekörner (p. 149—150) Die Deutung, welche er dem Bilde jedoch giebt, kann ich nicht für richtig halten, sondern muss es in der Weise auslegen, wie ich dies oben für die geschilderten Querschnitte der Baumwoll- und Leinenfaser ausführte und später eingehender für die Stärkekörner darlegen werde. Ein Punkt in Strasburger's Abbildung spricht ja schon sehr gegen seine Meinung, nämlich der, dass die Radiallinien und die dunklen Punkte gegen die Innenfläche der dicken Zellwand nicht viel dichter aneinanderrücken, was sie doch thun müssten, wenn es sich um solche Spiralbänder handelte. Genaue Untersuchung bei verschiedenen Einstellungen hätte ferner ergeben, dass die vermeintlichen hellen Querschnitte der Spiralbänder bei Hebung des Tubus dunkel werden, die Punkte, sowie die konzentrischen und radiären Linien dagegen hell und dass sich diese Umkehr des Bildes bei fortgesetzter Hebung oder Senkung stets wiederholt, als Beweis, dass hier kein System radiärer Spiralbänder, sondern ein System kämmerchenartiger Räumchen vorliegt, wie ich es geschildert habe.

Bei dieser Auffassung der Streifung ist es natürlich, dass Dippel und Strasburger ganz entschiedene Gegner der Angabe Nägeli's von der gleichzeitigen Existenz zweier sich kreuzender Streifensysteme in einer und derselben Schicht oder Lamelle sind. Nach Strasburger's Ansicht ist dies nie der Fall, vielmehr gehören die beiden Systeme stets verschiedenen, sich überlagernden Verdickungsschichten an, ja Dippel hatte sogar die, gegenüber einem Beobachter wie Nägeli, etwas naive Meinung aufgestellt: dass die scheinbare Kreuzstreifung in den meisten Fällen nur von den sich überlagernden beiden Zellwänden herrühre. Diesem Widerspruch gegen Nägeli's Meinung schlossen sich die neueren Beobachter, so Krabbe (1887) und Correns (1891, p. 281) durchaus an. Wie Strasburger zu dieser Ansicht gelangte, scheint mir ziemlich klar; er machte bei der Untersuchung der Membranstreifung in der Flächenansicht jedenfalls keine ausgedehntere Anwendung der Quellung. An der ungequollenen Membran ist in der Regel nur das eine Streifensystem zu sehen und auch dies nur sehr unvollkommen, was Nägeli schon sehr treffend betonte (1864, I, p. 292). In den verschiedenen Verdickungsschichten kann, wie schon Nägeli (1864, I, p. 292) hervorhob, dies sichtbare Streifensystem verschiedenen Verlauf haben, woraus sich erklärt, dass die Kreuzstreifung auf die Ueberlagerung verschieden gestreifter Schichten zurückgeführt werden konnte. An guten Quellungspräparaten sieht man jedoch, wie oben dargelegt wurde, dass die schöne und äusserst feine Kreuzstreifung (s. Fig. 1, 2, Taf. 11) bei jeder Einstellung vollkommen deutlich ist und dass sie gleichmässig durch das gesammte Lamellensystem hindurchgeht. Dasselbe bestätigen die Macerations- und Zerklopfungspräparate, welche auch an den feinsten Fragmenten die Längs- und Querverbindungen als die Ursache der beiden Streifensysteme zeigen. Ebenso wird diese Auffassung dadurch bestätigt, dass eine und dieselbe Schicht beim Zerklopfen in den Richtungen der beiden Streifensysteme Sprungbildungen zeigt. Dass sich auch Correns Strasburger's Meinung anreiht, finde ich begreiflich, da seine Abbildungen (1891, Taf. 14—15) zeigen, dass er die feine reguläre Kreuzstreifung gut gequollener Membranen nicht gesehen hat. Das Gleiche gilt auch von Krabbe's Untersuchungen (1887, p. 354—361 u. 404 ff.), der hauptsächlich ungequollene Querschnitte von Bastzellen untersuchte, auf welchen die Andeutung einzelner Streifen als zarte Radiallinien hervortreten. Aus der rotirenden Bewegung dieser Linien bei Hebung oder Senkung des Tubus schliesst er richtig auf den Verlauf ihrer Schraubenwindung und kommt dadurch ebenfalls zu dem Resultat, dass die Kreuzstreifung eine Folge des entgegengesetzten Streifenverlaufes in den aufeinanderfolgenden Verdickungsschichten sei. Diese Beobachtung ist, wie gesagt, ganz richtig; ihre Bedeutung wird aber dadurch hinfällig, dass Krabbe eben nur das eine, stärker ausgeprägte Streifensystem der betreffenden Schichten gesehen, das schwächere zweite, welches erst beim Quellen oder Zerklopfen macerirter Fasern hervortritt, nicht wahrgenommen hat. Meine Erfahrungen führten mich daher, wie gesagt, zu einer Bestätigung der Angaben des genialen Nägeli, dessen Beobachtungen ich in fast jeder Hinsicht für richtig halten muss, von dessen allgemeiner Deutung ich jedoch abweiche.

Lehre von dem Aufbau der Zellhaut aus Dermatosomen. Eine neue Ansicht über den Aufbau der Zellmembran entwickelte Wiesner (1886), worauf oben schon hingewiesen wurde. Wiesner ist ein Gegner der Nägeli'schen Micellartheorie, nach welcher Zellhaut, Stärkekörner

und Plasma, überhaupt jede organisirte Substanz aus Micellen, d. h. Molekülgruppen krystallinischer Beschaffenheit, bestehen, die im wasserhaltigen Zustand der Substanz von einer Hülle aus Wassermolekülen umgeben seien. Wiesner's Untersuchungen über die Zerlegung der Zellhäute durch verschiedene Macerationsmethoden, hauptsächlich das sog. Karbonisirungsverfahren, führten ihn zu der Ansicht, dass die Zellhaut aus äusserst kleinen organisirten Körperchen, den sog. Dermatosomen aufgebaut werde. Wie in der Plasmafrage steht Wiesner unter dem ausgesprochenen Einflusse der Brücke'schen Anschauungen und sucht daher nicht nur im Plasma, sondern auch in der Zellhaut nach „Elementarorganen“, da ja die Zelle als solche nicht das Elementarorgan sein könne, sondern selbst eine sehr verwickelte Zusammensetzung aus einfachen Elementarorganen besitzen müsse.

Im Anschluss an Strasburger's Angabe, dass die Zellhaut nicht durch Abscheidung, sondern durch Umwandlung des Plasmas gebildet werde, und zwar unter vorzugsweiser Betheiligung der sog. Mikrosomen, ist Wiesner der Ansicht, dass sich die Mikrosomen oder Plasmatosomen, welche die Elementarorgane des Plasmas seien, direkt in die Dermatosomen der Zellhaut umwandelten.

Weiterhin vertritt er die Meinung, dass in den Zellhäuten gewöhnlich Eiweiss in Form von Plasma vorkomme. Hierauf stützt er die Hypothese, dass wenigstens die Dermatosomen der jugendlichen Membran durch feine Plasmasträngchen oder -fädchen untereinander zu einem Maschengerüst verbunden seien. In der fertigen älteren Membran seien jedoch auch die Plasmatosomen der Plasmastränge in aus Cellulose bestehende Dermatosomen umgewandelt.

Die feineren Strukturverhältnisse, wie Schichtung und Streifung, rührten nur von der Anordnung der Dermatosomen her, von der innigeren oder weniger innigen Verbindung der Dermatosomen in gewissen Richtungen, d. h. eigentlich von den Abständen der Dermatosomenreihen und -schichten von einander. Als Konsequenz dieser Auffassung folgt dann für Wiesner auch, dass das Wasser in der Zellhaut in zwei Formen enthalten ist: 1. als Füllungswasser in den Lücken des Maschengerüstes der Dermatosomen und 2. als Quellungswasser der Dermatosomen selbst.

Wie sich Wiesner eigentlich den Zusammenhang der Dermatosomen in der recht festen Zellmembran denkt, ist mir nicht klar. Ursprünglich wird er durch die Plasmafädchen hergestellt; später jedoch, wenn deren Plasmatosomen ebenfalls in Dermatosomen umgewandelt wurden, wäre eigentlich nicht einzusehen, was die Dermatosomen zusammenhalten soll, da ja von einer direkten Vereinigung dieser Dermatosomen mit einander keine Rede sein kann. — Die Ansicht, dass Eiweiss, resp. Plasma in den Bestand der Zellhaut eingehe, wurde von Klebs (1886) und Correns (1894) eingehend widerlegt. Wir dürfen diese Meinung um so mehr als unbegründet ansehen, weil unsere Erfahrungen lehren, dass die in der Zellmembran beobachtbaren Strukturen (Schichtung, Streifung) auch ohne jegliche Mitwirkung des Plasmas entstehen können. Dagegen wurden von Correns (1894) die Dermatosomen als wahrscheinlich präexistirende Gebilde in der Membran zugegeben, wenn auch geleugnet, dass sie netzig zu Maschengerüsten vereinigt seien, vielmehr ihre Einlagerung in eine aus Cellulose bestehende allgemeine Binde- oder Grundsubstanz als wahrscheinlicher erachtet[1]). Das Hauptargument für letztere Meinung ist, dass Correns die Lückenräume, welche in dem Maschengerüst der Dermatosomen vorhanden sein müssten, beim Austrocknen nicht nachzuweisen vermochte (p. 660), was jedoch nach unseren Erfahrungen nicht zutrifft; es bedarf nur gewisser, leichtverständlicher Bedingungen, um die Hohl- oder Lückenräume des Maschenwerks der gequollenen Membran mit Gas erfüllt darzustellen.

Dagegen ist Correns geneigt zuzugeben, dass die Anordnung der Dermatosomen zu Reihen mit der Streifung der Membran in Zusammenhang stehe, ja dass in dieser Weise Fibrillen in der Membran gebildet werden können. Jedenfalls ist es interessant zu sehen, dass die alte Ansicht vom fibrillären Bau der Membran, welche so lange Zeit als grundirrig angesehen wurde, durch die Beobachtungen Wiesner's zuerst wieder zur Geltung gebracht wurde.

Die Anschauungen dieses Forschers über den Aufbau der Membran lassen sich mit den unserigen recht gut vereinigen. Schon oben wurde dargelegt, dass die Dermatosomen nach meinen Erfahrungen als die Knotenpunkte des globulitisch-wabigen Gerüstwerks aufzufassen sind. Nach unserer Ansicht besteht die Membran aus einem wabig gebauten Gerüstwerk, das, soweit die Entstehung zu entziffern

---

1) Dagegen ist Strasburger (1889, p. 168), der sich mit dem Studium der pflanzlichen Zellhäute so eingehend beschäftigte, der Ansicht, dass die „mikrokokkenartigen Körper, die Wiesner mit Hilfe tiefeingreifender Manipulationen aus Zellwänden dargestellt hat, schwerlich als die Elemente dieser Zellwände gelten können. Im Gegentheil lässt sich mit Bestimmtheit zeigen, dass eine junge, eben angelegte Wand, welche die Wiesner'schen Dermatosomen am ehesten zur Anschauung bringen müsste, unter keinen Umständen etwas von deren Existenz verräth“. Für einen „fruchtbaren Gedanken“ der Wiesner'schen Schrift hält er jedoch (p. 169), dass „eine wachsende Membran lebendes Protoplasma enthalte“.

war, wahrscheinlich in letzter Instanz aus Aggregation und theilweiser Verschmelzung von Globuliten hervorgeht, obgleich nicht ausgeschlossen ist, dass auch echte Wabenbildung vorkommen kann. Dass derartig gebaute Gerüste bei der Maceration und mechanischen Bearbeitung in Fibrillen und Dermatosomen zerfallen, wurde eingehend erörtert. Die Konstituenten des Gerüstwerks sind daher in keiner Weise Elementarorgane, sondern höchstens Globuliten, wie sie auch am Aufbau unorganisirter Körper theilnehmen. Die Membran ist überhaupt kein organisirtes Gebilde im eigentlichen Sinn, ebensowenig wie das Stärkekorn.

Wenn wir die im Vorstehenden kurz dargelegten Ansichten über den Bau der Zellmembran überschauen, so finden wir im Allgemeinen eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung unserer Auffassung mit der Nägeli's. Seine Rückführung der Schichtung und Streifung auf Differenzen im Wassergehalt ist ja richtig und auch seine Angabe über die doppelten, ja mehrfachen Streifensysteme in einer und derselben Schicht stimmt mit unseren Erfahrungen und Anschauungen überein. Unsere Wege scheiden sich erst bei der Frage nach dem Grund der verschiedenen Dichtigkeit und des verschiedenen Wassergehalts der Schichten und Streifen. Auch wenn es sich nur um ein einfaches Maschen- oder Wabengerüst handelt, sind diese Differenzen ja gegeben durch die Abwechslung der Reihen oder Schichten von Hohlräumchen und der sie trennenden Lamellen. In der Regel aber werden gröbere Schichten oder Streifen dadurch gebildet, dass das Maschen- oder Wabengerüst bald enger, bald weiter ist, womit die Dichtigkeit und der Wassergehalt wechseln. Nägeli suchte die Erklärung für den verschiedenen Wassergehalt der Schichten und Streifen durch seine Micellartheorie zu geben, über welche er sich, nachdem sie 1858 sehr eingehend entwickelt worden war, 1879 in interessanter Weise nochmals aussprach. Da es nicht ohne Interesse ist, das Verhältniss dieser Micellartheorie, welche unter den Botanikern noch zahlreiche überzeugte Anhänger hat, zu der Auffassung darzulegen, welche ich auf Grund meiner Untersuchungen von dem Bau der quellbaren Körper gewonnen habe, so will ich versuchen, dies hier in Kürze zu thun. Ich habe dazu umsomehr Veranlassung, da mir 1896, als ich meine Meinung, im Gegensatz zu Nägeli, erörterte (s. dort p. 27 ff.), nur seine älteren Ansichten, dagegen nicht die 1879 in manchen Punkten veränderten bekannt waren und ich daher meiner dortigen Besprechung nur die ersteren zu Grunde legte.

Das Micell, welches Nägeli als den Elementarbestandtheil der quellbaren Körper, doch auch der gallertigen anorganischen, nicht quellbaren ansieht, ist nach ihm (1879, p. 123) „nichts anderes als ein winziger, weit jenseits der mikroskopischen Sichtbarkeit liegender Krystall." Die Annahme der krystallinischen Beschaffenheit der Micelle wird allein aus der Doppelbrechung vieler aus Micellen bestehend gedachter Gebilde geschlossen. Uebrigens bezieht sich die Bezeichnung des Micells als Krystall, wie p. 123 ausdrücklich bemerkt wird, nicht auf seine äussere Gestalt, „die alle möglichen Formen zeigen kann", sondern nur auf seinen inneren molekularen Bau, d. h. eben, sie wird nur wegen der doppelbrechenden Eigenschaften der aus Micellen zusammengesetzten Substanzen angenommen. Die Quellung beruht darauf, dass die Micelle sich wegen ihrer Anziehung zu Wasser mit einer Hülle von Wassermolekülen umgeben können. Ein quellbarer Körper kann nun aus einfachen derartigen Micellen bestehen, die im trockenen Zustand bis zur Berührung genähert, im gequollenen dagegen von Wasserhüllen umgeben sind. Die dadurch hervorgebrachte Wasserhaltigkeit der Substanz hängt einerseits ab von den besonderen Bedingungen der Beziehung zwischen Wassermolekülen und Micellen, andererseits jedoch auch von der Grösse der Micelle selbst; da, unter sonst gleichen Bedingungen, die Wasserhülle um so geringer werden wird, je grösser das Micell ist. Die Micelle einer und derselben Substanz können aber verschieden gross sein, da sie „wie Krystalle durch Auflagerung wachsen" (p. 125). Es bilden sich aber auch „zusammengesetzte Micelle, indem „mehrere oder viele sich mit einander vereinigen, und durch Verwachsung zusammengesetzte Micelle bilden, in analoger Weise wie mehrere einfache Krystalle zu einer Druse verwachsen. Die Vereinigung geschieht dadurch, dass der sonst mit Wasser erfüllte Zwischenraum zwischen zwei Micellen sich mit Substanz ausfüllt" (p. 125). Diese zusammengesetzten, drusenartigen Micelle können entweder „isodiametrische Körperchen bilden" oder „durch Verschmelzung einer Micellenreihe linienförmige oder fibrillenförmige Körperchen, wie dies für die Holz- und Bastzellen ihrer mechanischen Eigenschaften wegen angenommen werden muss" (p. 126). Soweit aus der Darstellung ersichtlich, sind jedoch auch diese zusammengesetzten Micelle mikroskopisch unsichtbare Gebilde und, ähnlich den einfachen Micellen, im trockenen Zustand in Berührung, im gequollenen dagegen durch Wasserhüllen von einander getrennt.

Das Wachsthum der im Organismus auftretenden quellbaren Körper erfolgt durch Intussusception, d. h. dadurch, dass sich in den Zwischenräumen zwischen den Micellen neue bilden. Wenn sich dagegen aus sog. micellaren Lösungen (d. h. Lösungen, in welchen nicht Moleküle, sondern Micelle oder sog Micellverbände [s. unten] zwischen den Wassermolekülen vertheilt sind) Micelle ausscheiden, so ordnen sie sich in verschiedener Weise an, entweder ähnlich wie die Moleküle der echten Krystalle (beziehungs-

weise wie die von den Krystallographen in der Regel ebenfalls als Elementarbestandtheile der Krystalle angenommenen micellartigen Elemente) in regelmässiger Weise „in parallele Ebenen, die nach räumlichen Dimensionen verlaufend sich kreuzen (in den Krystalloiden der Albuminate) oder in Kugelschalen um einen gemeinsamen Mittelpunkt (in den Sphärokrystalloiden von Inulin) oder in Cylindermänteln um eine gemeinsame Achse gelagert (in den Cylinderkrystalloiden oder Discokrystalloiden von Amylodextrin). Die Analogie mit den Krystallen besteht darin, dass die Micelle in der nämlichen Schicht gleichartig gerichtet sind und dass die gleichlaufenden Schichten in ihrer Orientirung mit einander übereinstimmen" (p. 100). Bei unregelmässiger Ausscheidung der Micelle aus den micellaren Lösungen, so z. B. beim Gelatiniren einer Leimlösung, bilden sich Micellverbände, die jedoch zum Theil auch schon in der Lösung bestehen, indem sich „die Micelle in Ketten an einander hängen und ein Gerüst von Balken mit weiten Maschen bilden, in welchem das Wasser eingeschlossen ist und durch Molekularanziehung zwar nicht in einem ganz unbeweglichen, aber doch in einem weniger beweglichen Zustande festgehalten wird. Nur auf diesem Wege wird es möglich, mit wenig Substanz und viel Wasser ein festes Gefüge herzustellen, wie es uns die Gallerte darbietet" (p. 102). In diesen Micellverbänden sind jedoch die Micelle nicht etwa direkt mit einander vereinigt wie in den zusammengesetzten Micellen, sondern „die einzelnen Micelle sind an der ganzen Oberfläche mit Wasser umgeben und der Zusammenhang kommt nur durch grössere Annäherung der Micelle, somit durch Verminderung der trennenden Wasserschicht an bestimmten Stellen zu Stande" (p. 127). Die Micellverbände sollen, „wenn sie eine besondere Grösse erreichen (wie dies z. B. in den Krystalloiden der Fall ist) unter dem Mikroskop wahrgenommen werden können" (p. 128)[1]). Welcher Grund es hervorbringen soll, dass die organisirten Körper, die im Organismus gebildet werden, durch Intussusception wachsen, dagegen die ausserhalb des Organismus entstehenden Micellverbände, wie Krystalloide und Gallerten, nur durch Apposition ist nicht recht klar; wahrscheinlich aber beruht dies nach Nägeli's Vorstellung darauf, dass die letzteren Gebilde aus sog. Micellarlösungen entstehen, welche sogar gewöhnlich schon Micellverbände enthalten, die ersteren dagegen aus molekularen Lösungen, welche erst neue Micelle bilden und deren Moleküle auch allein im Stande sein dürften, in die Interstitien der Micellen einzudringen.

Mit diesen Darlegungen dürften die wichtigsten Grundzüge der Micellarlehre, wie sie Nägeli 1879 in modifizirter Gestalt entwickelte, gegeben sein. Die Grundlagen dieser Lehre und ihre Wahrscheinlichkeit hier im Allgemeinen zu kritisiren, scheint mir unnöthig, obgleich ich der Ansicht bin, dass diese Grundlagen zu berechtigten Zweifeln Anlass geben. Auch habe ich schon 1896 meine abweichende Meinung kurz dargelegt; ebenso wurde von anderer Seite, so von Arth. Meyer (1895) gegen die Micellartheorie opponirt. Nur ein Punkt, der schon von R. Grassmann in einer in vieler Hinsicht seltsamen Schrift 1882 betont wurde, sei hier kurz erwähnt. Die Micellartheorie betrachtet, wie wir gesehen haben, die Micelle als sehr kleine Krystalle, denkt sich im übrigen jedoch ihr gegenseitiges Aufeinanderwirken in der Weise, wie wir Moleküle aufeinanderwirkend uns vorstellen. Durch einfache Berührung solcher Micelle im trockenen Zustand sollen Körper von grosser Festigkeit gebildet werden, ja diese Festigkeit soll sogar in hohem Grade erhalten bleiben, wenn die Micelle durch Wasserhüllen von einander getrennt sind. Mir scheint in dieser Auffassung ein Widerspruch zu liegen; denn auch die kleinsten aus Molekülen zusammengesetzten Partikel fester Körper, die wir kennen, zeigen bei der Berührung keine Neigung, sich zu festen Körpern zu vereinigen. Erst sehr hohe Druckkräfte können derartiges bewirken. Wie Grassmann und A. Meyer bin ich daher der Meinung, dass, soweit unsere Kenntnisse von dem Verhalten auch der kleinsten Krystalle reichen, das Hervorgehen fester Körper durch Berührung solch' kleiner Krystalle, wie es die Micelle sein sollen, nicht begreiflich ist.

Hier möchte ich dagegen zeigen, dass die Nägeli'sche Lehre in der Gestalt von 1879 gar nicht so grundverschieden ist von den Anschauungen, zu welchen ich durch meine Untersuchungen geführt wurde.

Dies tritt zunächst in der Ansicht hervor, welche Nägeli 1879 von dem Bau der Gallerten entwickelt, die ihm jetzt von einem Maschengerüst oder Balkenwerk von Micellen gebildet erscheinen, dessen Lückenräume von Wasser erfüllt seien. Ohne dass es bestimmt ausgesprochen wird, dürfte Nägeli daher auch seine frühere Ansicht (1858, p. 342), dass aus den Gallerten kein Wasser auszupressen sei, aufgegeben haben. In Bezug auf den Bau der Gallerten besteht daher zwischen der Nägeli'schen Auffassung von 1879 und der meinigen eine ziemliche Uebereinstimmung, da der Differenzpunkt, ob es sich um ein Balkenwerk oder ein Wabengerüst handelt, von sekundärer Bedeutung erscheint. Nur ein prinzipiell sehr wichtiger Gegensatz existirt, da Nägeli sich das Balkenwerk aus durch Wasserhüllen getrennten

---

1) Mir ist nicht recht klar, was sich Nägeli hierbei dachte, d. h. ob die sichtbaren Micellarverbände in diesem Fall gewisse Strukturelemente der Krystalloiden sein sollen oder etwa die ganzen Krystalloide selbst. Nägeli hat ja die eigenthümlichen Strukturen der Sphärokrystalloide von Acetabularia sehr gut beobachtet (s. oben p. 93).

Micellen zusammengesetzt denkt, während ich ein kontinuirlich zusammenhängendes, zum mindesten von theilweise verschmolzenen Globuliten gebildetes Gerüst finde. Dieser Unterschied ist nun zwar ein prinzipieller; wenn wir aber sehen, dass Nägeli andererseits die Vereinigung, Verwachsung oder Verschmelzung von Micellen zu zusammengesetzten, kugeligen bis fibrillären Gebilden zugiebt oder annimmt, so fragt man sich eigentlich, warum er nicht auch das Balkenwerk der Gallerten durch solche Vereinigung von Micellen entstehen liess. Er that dies nicht, weil dann die Quellbarkeit nach seiner Lehre nicht zu erklären gewesen wäre. Aus diesem Grunde mussten auch die Krystalloide nur solche Micellarverbände sein, nicht verwachsene Micellen, weil sonst ihre Quellbarkeit unerklärlich gewesen wäre. Sehen wir davon ab, so stimmen die Vorstellungen, welche Nägeli über den regelmässigen Aufbau der Krystalloide oder Sphärokrystalloide aus Micellen entwickelt, recht nahe überein mit dem, was ich über deren Aufbau aus hohlen Elementargebilden entwickelt habe. Bezeichneten wir diese als Micelle und liessen ihre kontinuirliche Verwachsnng zu, so könnte man die Angaben Nägeli's fast wörtlich auf unsere Vorstellung übertragen. — Bei dieser Gelegenheit darf auch darauf hingewiesen werden, dass die Frage, ob die Stärkekörner als Sphärokrystalle oder -krystalloide anzusehen seien oder nicht, auf dem Boden der Nägeli'schen Lehre eigentlich konsequenterweise im ersteren Sinne entschieden ist. Denn der Unterschied zwischen Sphärokrystalloiden und Stärkekörnern reduzirt sich nach Nägeli's Lehre einzig darauf, dass die ersteren durch Apposition, die letzteren durch Intussusception wachsen, was jedoch nicht einmal in wesentlichen inneren Bildungsverschiedenheiten begründet ist, sondern nur darauf, dass die Sphärokrystalloide sich aus micellaren Lösungen bilden. Ein Sphärokrystalloid müsste daher nach der Nägeli'schen Lehre unter geeigneten Bedingungen, d. h. in einer molekularen Lösung zum Wachsthum durch Intussusception übergehen können. Demnach scheint mir aus diesen Erwägungen zu folgen, dass auch auf Grund der Nägeli'schen Micellartheorie die Stärkekörner zu den Sphärokrystalloiden gerechnet werden müssten.

Wie gesagt, scheinen mir die dargelegten Erwägungen aber auch die Kluft zwischen den Nägelischen und meinen Anschauungen sehr erheblich verringert zu haben. Nehmen wir hierzu weiter noch, dass das Wachsthum durch Intussusception sowohl für die Stärkekörner als für die Zellmembranen widerlegt oder doch sehr unwahrscheinlich ist, dann fällt auch einer der wesentlichsten Gründe weg, welcher für Nägeli die Annahme diskontinuirlicher, durch Wasserhüllen getrennter Micelle bedingte; dann könnten die Micelle auch im Stärkekorn und der Zellmembran fest vereinigt, verwachsen, wie in den zusammengesetzten Micellen, und auch ähnlich wie in den Gallerten zu einem Balkenwerk verbunden gedacht werden. Dann sehen wir, dass wir für Micell nach unserer Auffassung Globulit sagen dürften, um eine ziemliche Uebereinstimmung zwischen den beiden Auffassungsweisen herzustellen.

IX. Untersuchungen über Stärke und Stärkekörner.

1. Stärkekleister und Stärkelösungen.

Die in früheren Abschnitten dieser Arbeit geschilderten Untersuchungen über Gelatine und andere quellbare gallertige Substanzen führten auch zu Studien über Stärkegallerte oder Stärkekleister. Einmal konnte man leicht nachweisen, dass sich aus 5 % Kleister von Weizenstärke in der Thonzelle vor der Luftpumpe viel wässerige Flüssigkeit absaugen liess, die 0,24 % feste Substanz gelöst enthielt, darunter jedenfalls Stärke, wie die sehr deutliche, wenn auch nicht starke Jodreaktion zeigte. — Die mikroskopische Untersuchung des Kleisters mit starken Vergrösserungen liess

in dem Magma, welches die sehr verquollenen Stärkekörner einschloss, nichts von Struktur oder feinem Bau wahrnehmen. Wurde der Kleister jedoch zwischen Objektträger und Deckglas eingetrocknet, so erschien das eingetrocknete Magma fein und recht deutlich strukturirt. Der Bau war ein globulitisch-wabiger, in dem Sinne, der schon früher bei der Besprechung des Inulins und der Sphärokrystalle überhaupt erörtert wurde, d. h. ein fein waben- bis gerüstartiger, der sich jedoch von dem echt wabigen vermuthlich durch abweichende Art der Entstehung unterscheidet und wohl auch gewisse morphologische Unterschiede darbietet, welche jedoch bei der Feinheit der Struktur sehr schwierig festzustellen sind. — Im Allgemeinen ist jedoch der Charakter der Struktur auch hier ein wabiger, indem die Masse von feinsten Hohlräumchen, die von einem Gerüstwerk geschieden werden, dicht durchsetzt ist. Wie bei den früher geschilderten sphärokrystallinischen Substanzen lässt sich jedoch nicht sicher entscheiden, ob die Hohlräumchen ganz gesondert sind, oder ob sie unter einander kommuniziren, und die Struktur also mehr schwammartig ist.

Wenn im Folgenden daher von wabiger Struktur der Kleisterpräparate die Rede ist, so geschieht dies stets in dem hier genauer erörterten Sinne.

An Stellen, wo sich bei der Eintrocknung faserartige Züge des Magmas gebildet haben, ist die Struktur schön feinfaserig, ähnlich wie dies bei echt schaumigen Substanzen beobachtet wird. — Bringt man ein Kleisterpräparat, das sich zwischen Deckglas und Objektträger befindet, in absoluten Alkohol, so ruft dieser in dem Magma die gleiche Struktur hervor, unter Erhärtung und Gerinnung; wobei sich gleichzeitig um die eingeschlossenen und durch den Alkohol geschrumpften Stärkekörner häufig eine schöne allseitige Strahlung zeigt (s. Fig. 2 Taf. 3), deren Entstehung auf die Zugwirkung zurückzuführen ist, welche die schrumpfenden Stärkekörner ausüben.

Beim Eintrocknen von etwas Weizenstärkekleister, unbedeckt auf dem Objektträger, zeigte sich hie und da an den Rändern der eingetrockneten Masse eine sehr interessante Modifikation der wabigen Struktur (s. Fig. 5 Taf. 3). Es hatten sich, parallel dem Rand der Masse verlaufend, eine Anzahl feinster Schichten gebildet, die je aus einer Wabenreihe bestanden. In jeder der Schichten waren die Waben radiär angeordnet, wodurch eine ganz regelmässige und zierliche Zeichnung entstand, wie wir sie ähnlich schon in den Inulinsphären etc. gefunden haben und bei den Stärkekörnern wieder begegnen werden. Das nach Innen von dem sehr dünnen Rand folgende Magma zeigte einen unregelmässig wabigen Bau, wie die Figur wahrnehmen lässt.

Diese Erfahrungen gaben Veranlassung zur Prüfung der Frage, wie sich Lösungen der Stärke beim Eintrocknen verhalten. Schon früher (s. p. 72) wurde die sog. Zulkowsky'sche lösliche Stärke hierauf geprüft. Zuvor hatte ich mir in anderer Weise Stärkelösungen bereitet, indem ich in der Regel 2 g Weizenstärke mit 100 g destillirtem Wasser auf freier Flamme oder auf dem Wasserbad längere Zeit (1½ bis ca. 4—5 Stunden) kochte und durch einen Heisswassertrichter sorgfältig, und wenn nöthig, mehrfach filtrirte. Man erhält auf diese Weise eine Flüssigkeit, die, wenn sorgfältig bereitet, im auffallenden Licht ganz schwach opalisirt, im durchfallenden dagegen einen schwach gelblich-bräunlichen Ton zeigt. Sie filtrirt durch Filtrirpapier auch kalt sehr leicht. Unter dem Mikroskop zeigt sie,

wenn gut bereitet, nur höchst vereinzelt hie und da ein feinstes tanzendes globulitisches Gebilde. Gelegentlich erhält man aber, bei Anwendung der gleichen Vorsicht, Flüssigkeiten, welche viel stärker opalisiren, ja fast milchig getrübt erscheinen und in dieser Beschaffenheit durch das Filter gehen. In diesen Fällen lässt sich leicht mikroskopisch nachweisen, dass die Trübung von Mengen feinster globulitischer Gebilde herrührt. Bei längerem Stehen setzen derartige Lösungen auch einen Bodensatz ab; ebenso lässt sich bei Anwendung einer guten Centrifuge nach einiger Zeit wenigstens ein Theil der suspendirten Körperchen zum Absitzen bringen. Der Absatz haftet fest am Boden der Röhre, ja ist als eine zusammenhängende Lamelle ablösbar. Beim Erhitzen zum Kochen werden solch' trübe Lösungen stets ganz oder fast ganz klar und zeigen dann im durchfallenden Lichte den schon erwähnten schwach bräunlichen Ton. Beim Abkühlen nehmen sie ihre trübe Beschaffenheit wieder an. Das Gleiche gilt hinsichtlich der ganz schwachen Opalescenz der zuerst geschilderten Lösungen.

Bekanntlich waren schon die älteren Forscher verschiedener Ansicht über die Natur dieser durch Kochen der Stärkekörner mit Wasser hergestellten Flüssigkeit. Die einen beurtheilten sie als wirkliche Lösung, die anderen dagegen als eine Aufschwemmung oder Suspension äusserst fein vertheilter Stärkepartikelchen. Obgleich diese Frage für die weiterhin zu schildernden Versuche mit dieser Flüssigkeit ohne besondere Bedeutung scheint, muss ich hier doch kurz auf die Ansicht des neuesten Monographen der Stärke, Arthur Meyer, eingehen. — Derselbe ist Vertreter der letzterwähnten Anschauung, betrachtet daher die geschilderte Flüssigkeit als eine Aufschwemmung und spricht ihr die Eigenschaften der wirklichen Lösung ab. Nach seiner Meinung besteht sie aus einer Suspension oder Emulsion äusserst feiner, unter dem Mikroskop unsichtbarer zähflüssiger Tröpfchen von sog. „amylosiger Wasserlösung". Unter amylosiger Wasserlösung aber versteht Meyer eine Lösung von Wasser in demjenigen Bestandtheil der natürlichen Stärkekörner, den er β-Amylose nennt. Nach seiner Ansicht bestehen die natürlichen Stärkekörner aus zwei verschiedenen Modifikationen der Stärke oder Amylose, nämlich der α-Amylose, die sich in kochendem Wasser nicht verändert, und der β-Amylose, die bei Erwärmung mit Wasser von 60—70° C. an solches aufnimmt und zu zähflüssigen Tröpfchen einer Lösung von Wasser in dieser β-Amylose wird. Diese zähflüssige „amylosige Wasserlösung" nun ist nach Meyer's Ansicht selbst in kochendem Wasser unlöslich; sie wird aber bei anhaltendem Kochen in immer feinere Tröpfchen zertheilt, die schliesslich unsichtbar klein werden und, in Wasser suspendirt, die vermeintlichen, durch Kochen erhaltenen Stärkelösungen erzeugen. — Ausserdem sollen jedoch in dieser Lösung vermuthlich noch die äusserst kleinen „Trichiten" der α-Amylose suspendirt sein (p. 16). — Eine Entscheidung der Frage schien mir durch Filtration der fraglichen Lösungen durch Thonkölbchen möglich. A. Meyer bemerkt über die Versuche, welche er in dieser Hinsicht angestellt hat (1895, p. 17): „Saugt man die Flüssigkeit jedoch durch eine poröse Thonplatte, so sammeln sich die Tröpfchen auf letzterer, verschmelzen theilweise, und in der vom Filter abgenommenen zähen Masse lassen sich unter dem Mikroskop die gröberen Tröpfchen nachweisen. Durch das Thonfilter selbst gehen nur ganz im Anfang Spuren von Amylose hindurch; da später nur Wasser folgt, ist es nicht als erwiesen zu betrachten, dass sich Spuren

der Amylose in kaltem Wasser lösen, dass also neben der amylosigen Wasserlösung eine wässerige Amyloselösung entsteht." — Es dürfte hieraus hervorgehen, dass auch Meyer den Versuchen mit der Thonzelle für die Entscheidung dieser Frage eine gewisse Bedeutung zugesteht.

Die ziemlich zahlreichen Versuche, welche ich anstellte, wurden stets in der Weise vorgenommen, dass ein Theil Weizenstärke mit 50 Theilen destillirtem Wasser längere Zeit, bis zu 5 Stunden, auf freiem Feuer oder auf dem Wasserbad gekocht wurde. Von der sorgfältigst durch Papier filtrirten Lösung wurde dann in einer Portion (a) der Gehalt an gelöster Substanz direkt bestimmt; eine zweite Portion (b) wurde durch eine kleine Thonzelle, die an einer als Druckpumpe benutzten Luftpumpe durch einen starken Kautschukschlauch befestigt war, filtrirt. Die Filtration durch die Thonzelle geschah theils heiss (d. h. die Einfüllung), theils dagegen kalt. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die Filtration heiss besser geht und dass sie sich rasch verlangsamt. Die erhaltenen Ergebnisse waren freilich schwankend, indem das Filtrat zuweilen nahezu den Gehalt der ursprünglichen Lösung besass, meist jedoch ziemlich ansehnlich, hie und da sogar recht beträchtlich an Gehalt abgenommen hatte.

Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der Resultate:

		Portion a, durch Filtrirpapier sorgfältigst filtrirt, schwach opalisirend: Gehalt:	Portion b, ausserdem durch Thonkölbchen filtrirt: Gehalt:
4—5 h. gekocht auf freier Flamme	I.	0,79 %	0,75 %
1 1/2 h. gekocht fr. Fl.	II.	0,36 %	0,29 % (eine 3. Portion direkt durch Th.-K. filtrirt) 0,21 %
4 h. gekocht fr. Fl.	III.	0,76 %	0,49 %
5 h. gekocht auf W.-B.	IV.	1,45 % (stark trübe, enthält mikrosk. sichtbare Suspension)	0,84 %
4—5 h. auf W.-B.	V.	0,43 %	0,14 %
1/2 h. auf W.-B.	VI.	0,77 %	0,11 %
4—5 h. fr. Fl.	VII.	0,98 %	0,17 %
4—5 h. fr. Fl.	VIII.	1,51 % (ziemlich stark opalisirend)	0,12 %
4 h. fr. Fl.	IX.	1,14 %	0,19 %
10 Minut. W.-B.	X.	0,225 %	0,035 %

Die durch die Thonzelle gegangene Flüssigkeit war fast ausnahmslos ganz wasserklar und hatte auch nicht mehr die gelblich-bräunliche Farbe der ursprünglichen Lösung im durchfallenden Licht. Nur in wenigen Fällen zeigte sich eine eben

bemerkbare Spur von Opalescenz. Dass die Flüssigkeit Stärke enthielt, und zwar erhebliche Quantitäten, ergab stets die Jodreaktion. Wie die Tabelle zeigt, trat in der Regel eine sehr erhebliche Abnahme des Gehalts ein, die in den extremsten Fällen bis etwa den zehnten Theil des ursprünglichen betrug. Es fand sich dabei stets, dass der Boden des Thonkölbchens mit einer kleisterartigen membranösen Schichte von nicht durchgegangener Stärke überzogen war, welche jedenfalls die Ursache ist, weshalb die Filtration meist rasch verlangsamt wird. Diese Schicht ist schwierig aus dem Kölbchen zu entfernen und wohl überhaupt nicht völlig aus dessen Poren. Ich vermuthe, dass die Ungleichheit der Ergebnisse zum Theil darauf beruht, dass dasselbe Kölbchen mehrfach verwendet wurde und trotz sorgfältigster Reinigung nicht wieder so durchlässig wurde wie ursprünglich. Der folgende Versuch, der gelegentlich angestellt wurde, um den Gehalt der nach einander filtrirenden Antheile gesondert zu prüfen, zeigte übrigens keine Abnahme des Gehalts der später filtrirenden Portionen. Lösung, durch einstündiges Kochen auf dem Wasserbad bereitet und direkt durch Thonkölbchen filtrirt: Portion I 0,041 %, II 0,10 %, III 0,11 %.

A. Meyer (1896) glaubt die von mir in der vorläufigen Mittheilung (1896) gemachten Angaben über die Filtration durch Thonkölbchen durch die Annahme entkräften zu können, dass ich „sehr grobporige Kölbchen" benutzt habe[1]) und dass die betreffenden Lösungen viel invertirte Stärke, d. h. Amylodextrin und Dextrin enthalten hätten. Dass jedoch bei meinen Versuchen nahezu die ganze gelöste Substanz oder doch ein sehr erheblicher Theil aus invertirter Stärke bestanden habe, wie dies ein Theil der Versuche erforderte, ist doch nicht glaublich. Ausserdem soll nach Meyer eine echte Amyloselösung stets bei Abkühlung auf 10° opalisiren, weshalb also auch die von mir durch Thonkölbchen filtrirten Lösungen keine Amyloselösungen gewesen seien. Unter dieser wirklichen Amyloselösung versteht Meyer die bei 140° hergestellten Lösungen, welche er im Gegensatz zu den nur gekochten als wahre Lösungen betrachtet. Von dieser Lösung sagt er (1895, p. 16): „2 % Lösungen werden beim Abkühlen sofort opalisirend; lässt man sie längere Zeit im geschlossenen Rohr stehen, so findet Ausscheidung zäher Tröpfchen statt." Die von mir filtrirten Lösungen waren nicht zweiprozentig, sondern hatten einen geringeren Gehalt; dagegen zweifle ich nicht, dass sich mittels Filtration durch eine Thonzelle aus dieser Meyer'schen, sog. echten opalisirenden Lösung eine klare, nicht opalisirende hätte erhalten lassen.

Ich werde übrigens gleich etwas näher auf die sog. echte Stärkelösung Meyer's in ihrem Verhalten zu der durch Kochen dargestellten unechten eingehen müssen.

Wenn eine durch Kochen bereitete Lösung einige Tage steht, so trübt sie sich und scheidet ein flockiges feines Gerinnsel aus. W. Nägeli (1874) vertritt die Ansicht, dass diese Ausscheidung eine Folge der Wirkung der Fäulnisshefe sei, welche die in der Lösung enthaltene sog. Granulose, d. h. die nach seiner Meinung in heissem Wasser direkt lösliche Substanz der Stärkekörner, die sich auch mit Jod blau färbe, zerstöre und auf diese Weise den sich mit Jod gelb färbenden Theil der Stärkekörner (die sog. Cellulose C. Nägeli's), welcher durch die Granulose in

[1]) Ueber die Mikrostruktur der von mir benutzten Thonkölbchen siehe in einem Nachtrag am Schlusse dieser Arbeit.

Lösung gehalten werde, zur Ausscheidung bringe[1]). In der That will denn auch W. Nägeli gefunden haben, dass die ausgeschiedenen Flocken von Jod gelb gefärbt werden, nicht blau (p. 45 und an anderen Stellen). Beim Kochen mit Wasser würden sie gelöst, und diese Lösung färbe sich mit Jod wieder blau, was wohl darauf beruhe, dass beim Kochen etwas von der Substanz in Granulose umgewandelt werde, welche die übrige Partie der ausgeschiedenen sog. Cellulose wieder auflöse. Bei Abschluss der Fäulnisshefe dagegen, im zugeschmolzenen Rohre etc., bleibe die Lösung klar und scheide nichts aus, da sich eben unter diesen Bedingungen die Granulose unverändert erhalte.

Nach meinen Erfahrungen hält sich die in einem zugeschmolzenen Rohr eingeschlossene und durch mehrfach wiederholtes Erhitzen in kochendem Wasser sterilisirte Lösung viel länger ohne Ausscheidung wie die nicht sterilisirte. Dennoch beobachtete ich bei Verfolgung von vier Proben, dass in zweien, deren Gehalt resp. 0,76% (a) und 1,14% (b) war, nach ca. 7 Monaten ein reichlicher gallertiger Bodensatz entstanden war, während die darüberstehende Lösung bei (a) vollkommen wasserklar, bei (b) dagegen unten schwach opalisirend, oben fast wasserklar war. Bei (b) betrug der gallertige Bodensatz, entsprechend dem bedeutenderen Gehalt der ursprünglichen Lösung, viel mehr wie bei (a), ca. die halbe Höhe der Flüssigkeit, bei (a) höchstens 1/10 der Höhe. In beiden Fällen erwies sich eine vorsichtig abgesaugte Probe der klaren Flüssigkeit als stark stärkehaltig bei der Jodprüfung. Eine dritte Probe (c) (Gehalt der ursprünglichen Lösung 0,98%) hatte nach ca. 8 Monaten ein wenig weisslichen Bodensatz gebildet; die darüberstehende Flüssigkeit war unten stark opalisirend, oben fast wasserklar und erwies sich stark stärkehaltig. Die vierte Probe (d, ursprünglicher Gehalt 0,36%) endlich war von Anfang an, nach mehrfachem Erhitzen bei der Sterilisation, ganz wasserklar und erhielt sich so; nach 8 Monaten hatte sich eine fast unmerkliche Spur eines weissen Bodensatzes gebildet und die Flüssigkeit war nach Anzeige der Jodfarbe stark stärkehaltig.

Aus meinen Erfahrungen muss ich daher schliessen, dass auch bei Abhaltung der Fäulnisshefe in der Regel Ausscheidungen eintreten, die sich jedoch viel langsamer und in geringerer Menge bilden als bei Lösungen, welche der Einwirkung der Fäulnisshefe und der Bakterien ausgesetzt sind.

Entgegen den Erfahrungen W. Nägeli's fand ich jedoch, dass das ausgeschiedene flockige Gerinnsel sich mit Jod stets rein blau färbte, niemals gelb. Auch bei monatelang wiederholter Beobachtung einer nicht sterilisirten Lösung bewahrte die ausgeschiedene Masse stets dies Verhalten. Diese Nichtübereinstimmung mit den ganz positiven Angaben Nägeli's ist um so befremdender, als nach dessen oben angeführten Erfahrungen durch Kochen aus dem sich gelbfärbenden Absatz wieder eine sich blau färbende, also sicher stärkehaltige Lösung zu gewinnen war. Ich bemerke besonders, dass auch die gallertige Masse, welche sich in den eingeschmolzenen Proben a und b (s. oben) abgesetzt hatte, nach sorgfältigem Auswaschen mit Wasser von Jod rein und stark blau gefärbt wurde. Mikroskopisch erwies sich diese Masse als ein Aggregat feinster Globuliten.

---

1) Wie aus obigem hervorgeht, ist W. Nägeli wie sein Vater Anhänger der Ansicht, dass beim Kochen mit Wasser die Granulose, d. h. ein Theil der Substanz der Stärkekörner, gelöst werde.

A. Meyer bemerkt (p. 17) über die erwähnten Ausscheidungen aus der Lösung beim Stehen: „Lässt man eine anscheinend vollkommen homogene, nur opalisirende 2% sterilisirte Amyloseemulsion, welche sich in einem mit einem Baumwollbausche verschlossenen Kolben befindet, bei 20° stehen, so lassen sich nach längerem Stehen mit dem Mikroskop Tröpfchen der Amylose in der Flüssigkeit nachweisen, die durch Aneinanderlegen kleinster Tröpfchen entstanden." Die Angaben W. Nägeli's erwähnt er überhaupt nicht. Hieraus folgt, dass auch Meyer sicherlich nur reine Blaufärbung der Ausscheidungen mit Jod beobachtete, also in dieser Hinsicht mit mir übereinstimmt. Dagegen vermag ich den Angaben Meyer's über den Aggregatzustand der flockigen bis gallertigen Ausscheidungen nicht beizupflichten. Wie ich schon oben bemerkte, bestehen diese Massen aus einer innigeren oder lockereren Aggregation sehr feiner Globuliten. Wie bei ähnlich gebauten, äusserst feinstrukturirten Gerinnseln oder Niederschlägen ist es übrigens sehr schwierig, die Struktur richtig zu beurtheilen, da es nicht mehr möglich ist zu entscheiden, ob es sich um rein globulitische Aggregationen oder um einen sehr feinen Wabenbau handelt. In vorliegendem Fall spricht jedoch die Entstehung des flockigen Gerinnsels, resp. auch der gallertigen Ausscheidung durchaus für den globulitischen Aufbau, da es ja sicher ist, dass die Ausscheidung mit der Bildung feinster, frei in der Flüssigkeit schwebender Globuliten beginnt und dass die sich zu Boden setzenden Massen erst durch Aggregation solcher Globuliten entstehen. Dazu gesellt sich, dass, wie die direkte Beobachtung zeigt, bei dieser Aggregation eine feinnetzige oder schwammige Zusammenordnung und Verbindung der Globuliten eintritt, wodurch die Aehnlichkeit des fertigen Gerinnsels mit einer sehr feinwabig strukturirten Masse vermehrt wird. Der Ansicht Meyer's, dass diese Ausscheidungen aus zähflüssigen Tröpfchen beständen, vermag ich nicht beizustimmen, ich muss sie im Gegentheil für fester Natur halten und zwar aus folgenden Gründen. Nie habe ich ein „Zusammenfliessen" der feinsten ausgeschiedenen Globuliten zu grösseren Tröpfchen beobachtet, wie sich denn überhaupt in den untersuchten Gerinnseln nie grössere Tröpfchen fanden, selbst nicht in dem gallertigen Bodensatz jener beiden oben erwähnten Proben, die 7 Monate lang im zugeschmolzenen Rohr gestanden hatten. Ueberall fanden sich nur die feinglobulitischen Bildungen, aber kein Zusammenfliessen zu grösseren Tröpfchen, das selbst bei grosser Zähflüssigkeit in genügender Zeit kaum ausbleiben könnte. Meyer spricht selbst nur von einer Entstehung grösserer Tröpfchen „durch Aneinanderlegen kleinster", wonach ich Grund habe zu glauben, dass auch er kein Zusammenfliessen beobachtete. Ein „Aneinanderlegen" ist jedoch kein Beweis für die Zähflüssigkeit der feinen Globuliten. Ebenso ergab die weitere mikroskopische Untersuchung der flockigen und gallertigen Ausscheidungen nie Anzeichen ihrer zähflüssigen Beschaffenheit. Bei starkem wiederholtem Drücken, Pressen und Klopfen des Deckglases liess sich kein Zusammenfliessen zu grösseren zähflüssigen Partien oder auch nur Tröpfchen erzielen. Im Gegentheil verhielten sich dabei die Massen wie feste Körper, indem die abgeplatteten Partien sich häufig rissig erwiesen und bei Aufhören des Drucks unter Wasserzusatz sogar faltig wurden.

Wie oben bemerkt wurde, bleibt beim Filtriren der durch Kochen hergestellten Lösungen durch Thonkölbchen auf dem Boden des Kölbchens meist ein

erheblicher Theil der Stärke zurück, der nach Meyer gleichfalls aus solch' zähflüssigen Tröpfchen „amylosiger Wasserlösung" bestehen müsste. Diese im Thonkölbchen zurückgebliebene, jedoch nicht etwa ausgetrocknete Masse lässt sich in Form von zusammenhängenden membranösen Fetzen herausnehmen und zeigt nicht die geringste Neigung, ihre hautartige Beschaffenheit bei der Aufbewahrung in Wasser zu verändern. Oben wurde schon erwähnt, dass auch der Bodensatz, der beim Centrifugiren einer stark opalisirenden Lösung entstanden war, sich in zusammenhängenden membranösen Fetzen ablösen liess und in dieser Form verblieb. — Diese Erfahrungen halte ich gleichfalls für unvereinbar mit der zähflüssigen Beschaffenheit der diese Absätze und Häute zusammensetzenden Globuliten; vielmehr scheinen mir alle diese Thatsachen genügend zu erweisen, dass diese Massen in ihrer Gesammtheit, und daher auch die sie konstituirenden Elemente, als fest beurtheilt werden müssen. Damit soll natürlich nicht geleugnet werden, dass die feinen Globuliten bei ihrer ersten Ausscheidung zähflüssig sein können und dass dies möglicherweise bei ihrer Aggregation eine Rolle spielt; denn es ist ja sehr wahrscheinlich, dass alle globulitischen Ausscheidungen zuerst zähflüssig sind. Sie müssen jedoch in diesem Falle bald fest werden, denn die flockigen und gallertigen Absätze erwiesen sich als von fester Natur.

Wird ein Tropfen der durch Kochen erhaltenen Lösung auf dem Objektträger eingetrocknet, so bleibt eine durchsichtige, ziemlich glasige Schicht zurück, die bei Untersuchung mit starken Vergrösserungen eine deutliche feine Struktur zeigt (s. Fig. 6a—b und Fig. 8 Taf. 3). Die Beurtheilung dieser Struktur, die, wie namentlich Fig. 8 zeigt, das Bild eines feinen Wabenwerks mit ziemlich dicken Wänden darbietet, während die Figg. 6b und 6a eine und dieselbe Stelle bei tiefer und hoher Einstellung darstellen, wird die gleiche sein müssen, die wir schon früher (s. oben p. 86) der sehr ähnlichen Struktur der eingetrockneten Inulinlösung (vergl. Taf. 3 Fig. 1a tief, Fig. 1b hoch) zu Grunde legten, d. h., es handelt sich vermuthlich um ein globulitisch-wabiges Gerüstwerk, das durch Aggregation und theilweise Verschmelzung von Globuliten entstanden ist. Diese globulitisch-wabige Struktur zeigte besser, als dies Fig. 6b bemerken lässt, bei hoher Einstellung vielfach das feinere falsche Netzbild; woraus folgt, dass die Hohlräumchen wie in einem echten Wabenwerk über die Gerüstbälkchen überwiegen. Es liegt hier die gleiche Struktur vor, welche wir schon oben als die des Magmas des eingetrockneten Kleisters erkannten, was auch die Vergleichung mit Fig. 5 Taf. 3 bemerken lässt. Das erklärt denn auch die Entstehung der Struktur des eingetrockneten Kleisters genügend, da dessen Magma oder Grundsubstanz ja ursprünglich eine relativ konzentrirte Stärkelösung von der Natur der durch Kochen erhaltenen sein muss.

Wird die durchsichtige eingetrocknete Schicht der Lösung mit Wasser benetzt, so quillt sie ziemlich auf und wird weisslich trübe. Dies beruht nach unseren früheren Erfahrungen sicherlich darauf, dass beim Quellen die feinen Hohlräumchen, die im trockenen Zustand in der Dickenrichtung der Schicht ganz oder nahezu ganz geschlossen waren, sich mit Wasser füllen, ähnlich wie wir es bei geronnenem Eiweiss eingehender erörterten.

Wird solch' eine eingetrocknete Stärkeschicht mit Wasser auf dem Wasserbad gekocht, so erhält sie sich ohne Zerfall; es geht selbst bei mehrstündigem Erhitzen

mit Wasser nur ein Theil der Stärke in Lösung, ohne dass die Membran, die sich dabei von der Unterlage gewöhnlich ablöst, zerstört würde. — Ein quantitativer Versuch über den gelösten und den nicht gelösten Antheil ergab Folgendes:

Eine durch Eindampfen in einer Platinschale erhaltene Schicht von Stärke wog . . . . 0,0863 g

Dieselbe wurde 1—2 h. auf dem Wasserbad mit Wasser erhitzt; die Lösung ergab Rückstand . . . . 0,0502 g

Dieser Rückstand wurde wieder 1—2 h. auf dem Wasserbad mit Wasser erhitzt; die Lösung ergab Rückstand . . . . 0,0366 g

Beim Kochen der ersten Membran blieb daher 42,99% der Stärke ungelöst, beim Kochen der zweiten Membran dagegen 27,09%[1]).

Entsprechend seiner Auffassung des Rückstandes und der Lösung erblickt A. Meyer auch in diesem Vorgang keine Auflösung, sondern nur eine durch das Kochen hervorgerufene feinste Vertheilung und Emulsionirung der Stärke.

Dampft man eine grössere Portion der Lösung in einer Schale ein, so bildet sich, wie schon den früheren Beobachtern bekannt war, auf der Oberfläche der Lösung allmählich eine feste glasartige Haut, die eine ziemliche Dicke erreichen kann. Eine auf diese Weise konzentrirte Lösung gelatinirt in der Regel, wenn sie einige Stunden ruhig steht. Die entstandene lockere Gallerte besitzt den feinglobulitischen, bis globulitisch-wabigen Bau, der schon oben für das sich abscheidende Gerinnsel erörtert wurde.

Unterhalb der Haut, die sich beim Eindampfen der Lösung bildet, finden sich meist grosse Mengen kleinster bis mittelgrosser Körner, deren Anordnung unter der Membran und deren feine Bauverhältnisse später genauer betrachtet werden sollen. — Wird eine durch Kochen hergestellte Lösung gefroren, so scheidet sich die grösste Menge der Stärke aus, wie schon seit langer Zeit bekannt ist. Diese Ausscheidung geschieht zum grösseren Theil in Form von dünneren oder dickeren Lamellen, welche die wiederaufgethaute Flüssigkeit nach den verschiedensten Richtungen durchsetzen, jedoch so zart sind, dass sie beim Aufthauen vielfach zerrissen werden. Daneben finden sich auch dickere und feinere Fäden, und zwar frei oder als Ausläufer der Lamellenränder. In verhältnissmässig geringer Menge endlich sind noch Körner vorhanden von ähnlicher Grösse und Beschaffenheit wie die beim Eindampfen entstehenden.

Indem wir die nähere Betrachtung dieser beim Eindampfen oder Gefrieren erhaltenen Stärkegebilde auf später verschieben, wenden wir uns zunächst zu einigen Bemerkungen über die Stärkelösung, welche bei höherer Temperatur herzustellen ist.

Nach den Angaben A. Meyer's und seiner Vorgänger gehen die natürlichen Stärkekörner bei der Erhitzung mit Wasser auf 138—140° C. im Autoklaven vollständig in Lösung, indem sich bei dieser Temperatur nicht nur die β-Amylose, sondern auch

---

1) Aehnliche Beobachtungen über das Verhalten einer bei 65° dargestellten Lösung von Kartoffelstärke hat, wie ich nachträglich sehe, schon Maschke 1852 (p. 405 ff.) gemacht. Er wurde dadurch zur Annahme einer im kalten Wasser löslichen und einer unlöslichen Modifikation der Stärke geführt und er schloss ferner, dass die lösliche Modifikation nur in der Lösung bestehen könne. Auch die allmähliche Ausfällung der Lösung beim Stehen wird dort schon erwähnt.

die α-Amylose völlig löst. Die durch kurze Erhitzung (5″) auf diese Temperatur hergestellte Flüssigkeit ist nun nach Meyer eine echte Lösung, wenigstens spricht er von ihr immer als Lösung, im Gegensatz zu der durch Kochen hergestellten Emulsion von Tröpfchen „amylosiger Wasserlösung". Entscheidende Gründe für diese Auffassung vermag ich zwar bei Meyer nicht zu finden, abgesehen von den beiden Angaben, dass bei 138° völlige Klärung der Flüssigkeit eintritt und eventuell, dass diese Lösung nicht opalisirt. Er sagt p. 15: „Man kann demnach bei 138° die Stärke in eine homogene, nicht opalisirende Lösung verwandeln." Ob er diese Nichtopalescenz nach dem Verfahren Tyndall's, d. h. mittels eines durch die Lösungen geworfenen Lichtbüschels geprüft hat, wird nicht bemerkt; obgleich er in seiner Entgegnung (1896) mir dies, in Bezug auf die durch Thonkölbchen filtrirten Lösung vorhält. Immerhin verhält sich auch nach Meyer's Angaben diese sog. echte Lösung eigenthümlich, da „2 % Lösungen beim Abkühlen sofort opalisirend werden" und „30 % im geschlossenen Rohre bald zu einer weissen käsigen Masse erstarren". Berücksichtigt man dabei, dass auch die schwach opalisirenden, durch Kochen hergestellten Lösungen ihre Opalescenz beim Erhitzen auf 100° nahezu oder völlig verlieren (Meyer bemerkt zwar p. 27, „dass sie selbst bei 100° eine eigenthümliche Opalescenz" zeigen), so verhalten sich eigentlich beide Arten von Lösungen sehr ähnlich. Jedenfalls folgte aus den citirten Angaben, dass, wenn nach Meyer's Auffassung eine echte Lösung der Stärke nur bei der Temperatur von 138—140° und höher zu existiren vermöchte, sich die gewöhnliche Lösung diesem Zustand der echten bei höheren Temperaturen mehr und mehr näherte. Die Erklärung, welche Meyer für die Abnahme der Opalescenz der gewöhnlichen Lösung beim Erhitzen auf 100° giebt, wird zwar ganz positiv ausgesprochen, ist aber doch vollkommen hypothetisch, da ja die emulsionirten Tröpfchen der „amylosigen Wasserlösung" nach ihm ganz unsichtbar sind. Nach Meyer sollen nämlich „diese Tröpfchen bei höherer Temperatur wasserreicher sein, daher weniger dicht, beim Abkühlen geben sie Wasser ab, werden dichter." Nach dem vorstehend Angeführten und dem von Meyer auf p. 14—15 Bemerkten möchte es demnach scheinen, dass nur bei Temperaturen von 138—140° eine wirkliche Stärkelösung existiren könne und diese sich beim Abkühlen in eine Emulsion „amylosiger Wasserlösung" in Wasser verwandele. Dennoch kann dies nicht Meyer's Meinung sein; denn auf p. 11 bestimmt er die Drehung einer bei 140° hergestellten 1 % Lösung von Arrow-root (natürlich abgekühlt) und einer entsprechend hergestellten der Arrow-rootreste (α-Amylose) zum Beweis ihrer Identität. Demnach muss er auch die abgekühlte Lösung noch für eine wirkliche halten.

Vorstehende Bemerkungen erschienen nöthig, da meine Erfahrungen über die bei 140° C. hergestellte Lösung ergaben, dass sie in ihrem Verhalten im Wesentlichen mit der durch Kochen erhaltenen übereinstimmt. Die Lösung wurde aus 1 g Arrow-rootkörnern, die zuvor mehrfach mit destillirtem Wasser (mit einer Spur von Ammoniak) gewaschen waren, und 50 g Wasser im zugeschmolzenen Rohr bereitet. Beigegeben wurde eine Messerspitze von Calciumcarbonat zur Neutralisirung eventueller Spuren von Säure. Zuerst 5 Minuten auf 140° erhitzt, war noch keine völlige Klärung eingetreten, weshalb noch ca. 10 Minuten auf 145° erhitzt wurde, worauf die Flüssigkeit, abgesehen von ganz wenig Rückstand, der in Verunreini-

gungen bestand, vollkommen klar war. Abgekühlt filtrirte die Lösung leicht und gut durch Papier und war eine Spur gelblich, sowie eine Spur opalisirend, dabei etwas dickflüssig. Das Verhalten dieser Lösung stimmte, wie gesagt, in den wesentlichen geprüften Punkten mit der gewöhnlichen überein, nur war sie gewissermassen widerständiger wie jene. Beim Stehen schied sie in ca. 10 Tagen kein Gerinnsel ab, auch nahm die Opalescenz kaum zu. Der Rest der Lösung wurde hierauf in ein Reagenzglas gegeben, das gut mit sterilisirtem Wattepfropf geschlossen wurde, mehrfach aufgekocht und stehen gelassen. Als nach 1 Monat wieder nachgesehen wurde, war die gesammte Flüssigkeit zu einer weissen kleisterartigen Gallerte erstarrt, aus der beim Umdrehen nur wenig Flüssigkeit herauslief. Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass die lockere Gallerte den fein globulitisch-wabigen Bau besass, der auch bei den Absätzen aus der gewöhnlichen Lösung gefunden wurde.

Beim Eintrocknen auf dem Objektträger verblieb der globulitisch-wabige Rückstand, der oben geschildert wurde; die Ränder der Schicht waren jedoch glasig homogen. Spuren von Sphärenbildung oder Krystallisation wurden nicht bemerkt.

Beim Eindampfen einer grösseren Partie der Lösung in der Platinschale auf ca. die Hälfte des ursprünglichen Volumens bildete sich an der Oberfläche bald eine Haut, die, nachdem die Schale bis zum nächsten Tag gestanden hatte, dick und weiss erschien und aus relativ kleinen Körnchen oder Kügelchen, bis zu globulitischer Feinheit herab, bestand. Auch auf dem Boden der Schale hatte sich nun ein häutiger Absatz gebildet, der in der Hauptsache ebenso gebildet war wie die Haut, jedoch auch an manchen Stellen aus grösseren Körnern bestand, welche völlig mit den durch Eindampfen der gewöhnlichen Lösung erhaltenen übereinstimmten.

Wurde die Lösung in einem Reagenzglase gefroren, so bildete sie nach dem Aufthauen eine gallertig erscheinende, weisse Masse; die grösste Menge der gelösten Stärke war demnach ausgefroren. Immerhin enthielt die Flüssigkeit noch etwas Stärke gelöst, da sie sich mit Jod schwach bläute. Auch diese ausgefrorene Stärke bestand zum grössten Theil aus Membranen und fädigen Gebilden; daneben fanden sich relativ wenig Körner.

Gesellt man zu dem Angeführten noch die erst später genauer zu besprechende Erfahrung, dass sowohl aus der gewöhnlichen wie der bei 140—145° bereiteten Lösung beim Eintrocknen mit Gelatine die gleichen Sphärokrystalle von Stärke in grosser Menge erhalten werden, so dürfte nicht zweifelhaft erscheinen, dass die beiden Lösungen sich in allen diesen Punkten wesentlich übereinstimmend verhalten und dass sie daher auch im Wesentlichen gleich zu beurtheilen sind. Obgleich nun die Beurtheilung der Frage nach der Natur dieser Lösungen, welche ja gewiss zu den schwierigsten Problemen gehört, der physikalischen Chemie überlassen werden muss und sich meiner Kompetenz entzieht, kann ich doch nicht umhin, wie früher, meine Meinung dahin auszusprechen, dass ich es für das Wahrscheinlichste halte, dass sich in beiden Lösungen ein erheblicher Theil der Stärke in wirklicher Lösung befindet, der sich jedoch sehr leicht in Form feinster Globuliten und Aggregationen solcher ausscheidet, was in der durch Kochen hergestellten Lösung bedeutend leichter und schneller eintritt als in der bei höherer Temperatur erhaltenen. Gerade bei derartigen Lösungen, die so grosse Neigung haben, in Emulsionen überzugehen und daher auch wohl meist gemischten Charakters sind,

drängt sich die Frage auf, ob zwischen Lösung und Emulsion doch nicht nur ein gradweiser Unterschied besteht [1]).

2. Die durch Eindampfen der Stärkelösungen erhaltenen Häute und Körner.

Wie angegeben, sind die durch Eindampfen gewöhnlicher, stets aus 2 Theilen Stärke auf 100 Theile Wasser bereiteter Lösungen erhaltenen Häute recht verschieden dick. Ohne viele Messungen ausgeführt zu haben, bemerke ich nur, dass relativ dicke Häute bis 0,25 mm und mehr erreichten. Wie die mikroskopische Untersuchung, namentlich auch die der Durchschnitte ergiebt, bestehen die dünneren Häute, zuweilen auch die dickeren, aus einem sehr feinen Wabenwerk, das hie und da auch etwas gröber wird und nicht selten mehr oder weniger deutlich faserig-wabig erscheint. Auf dem Durchschnitt namentlich tritt nicht selten eine faserig-wabige Struktur hervor, die senkrecht zur Membranfläche verläuft (s. Textfigur 70, 1a).

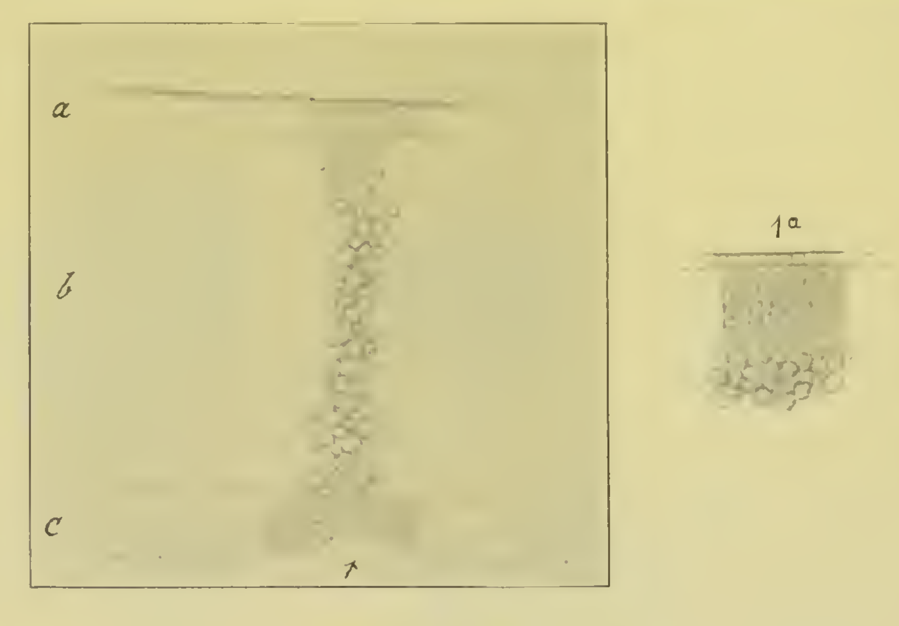


Fig. 70.

Haut, die sich auf Oberfläche frisch bereiteter, eingedampfter Lösung von Weizenstärke gebildet hat. Durchschnitt. 1 Gesammtdurchschnitt bei schwächerer Vergrösserung. *a* äussere faserig-wabige Schicht (8 μ); *b* dicke Schicht aus Körnern; *c* locker wabige, unregelmässige Schicht. — 1a Schicht a von 1, stärker vergrössert (Obj. 4, Oc. 12).

An der oberen, scharf begrenzten Membranfläche bemerkt man an günstigen Stellen, besonders auf wirklichen oder optischen Durchschnitten, einen recht deutlichen Alveolarsaum (s. Textfig. 70 1a), was die Vermuthung, dass die feine Struktur der

[1]) Auf Grund seiner Studien über die Jodfärbung der Stärke schliesst sich F. W. Küster (1894) der von A. Meyer vertretenen Ansicht über die Beschaffenheit der sogen. Stärkelösungen an. Nach ihm (p. 377) ist die „gelöste Stärke eine Emulsion äusserst feiner, durch Wasseraufnahme verflüssigter Stärketröpfchen in überschüssigem Wasser, das seinerseits natürlich auch sehr kleine Mengen Stärke gelöst enthalten wird". Zu dieser Auffassung kommt er durch Versuche über die quantitative Vertheilung des in Jodjodkalium gelösten Jods auf die damit behandelte Stärke und die Jodlösung, welche Versuche nach ihm beweisen, dass es keine Jodstärke im Sinne einer chemischen Verbindung gibt, sondern die Jodstärke eine feste Lösung von Jod in Stärke ist, nach der Lehre van 't Hoff's über feste Lösungen. Obgleich die Versuche Küster's seine Ansicht über die Natur der Jodstärke in vieler Hinsicht plausibel erscheinen lassen, kann ich doch nicht glauben, dass die schwierige Frage damit definitiv gelöst sei. Gerade wenn die Jodstärke eine feste Lösung von Jod in Stärke ist, erscheint es doch wieder seltsam, dass sich auch die „durch Wasseraufnahme verflüssigten Stärketröpfchen" der emulsiven Lösung gleichfalls blau färben sollen, demnach hier trotz Wasseraufnahme das gleiche Verhalten weiterbesteht. Jedenfalls wäre unter diesen Umständen doch ebenso die Annahme möglich, dass auch im Wasser gelöste Stärke sich mit Jod noch bläute, was Küster gerade unwahrscheinlich vorkommt, weil die Jodstärke eine feste Lösung von Jod in Stärke sei. Dazu kommt, dass die Erfahrungen über die Jodfärbung darauf hinweisen, dass mit reinem Jod und fester trockener Stärke eine Blaufärbung überhaupt nicht zu erzielen ist, dass dazu mindestens Wasser nothwendig ist, wahrscheinlich jedoch Jod-

Häute im Grunde auf einem wirklichen Wabenbau beruhe, wesentlich unterstützt. Wenn es zwar bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse von diesen Dingen nicht ganz ausgeschlossen scheint, dass ein solcher Alveolarsaum sich vielleicht auch bei einem globulitisch-wabigen Aufbau auszubilden vermag, so scheint mir seine deutliche Ausprägung doch eher dafür zu sprechen, dass beim Entstehen der Struktur der Häute eine echte Wabenbildung auftreten muss.

Die dickeren Häute sind in der Regel in der gesammten Dicke nicht gleichmässig beschaffen, sondern zeigen verschiedenartige Ausbildungszustände, wodurch eine Schichtung mehr oder weniger bestimmt hervortritt. — So war bei einer solchen Haut eine obere, dünnere, jedoch dichtere, feinfaserig-wabige Schichte ziemlich scharf gegen eine tiefere, weniger dichte und unregelmässig wabige Lage abgesetzt, die den Hauptheil der Membran bildete. Ein anderes und nicht seltenes Verhalten zeigt der in Textfig. 70 abgebildete Durchschnitt einer ca. 0,14 mm dicken Haut. Die äussere feinwabig strukturirte, 8 μ dicke Lage (a) wurde schon erwähnt; darauf folgte eine relativ sehr dicke Lage, die aus lauter rundlichen Körnern der oben (p. 236) erwähnten Art bestand, welche durch wenig, anscheinend wabige Masse verbunden waren. Gegen die Tiefe nahmen die Körner an Grösse beträchtlich zu. Darauf folgte schliesslich noch eine Schichte aus unregelmässig wabiger, ziemlich lockerer Masse bestehend, welche die unregelmässige untere Begrenzung der Haut bildete. Die innere oder untere Membranschicht ist meist in dieser Weise unregelmässig begrenzt. Wie gesagt, ist die eben erwähnte Körnerbildung in den tieferen Partien der Haut eine häufige Erscheinung, welche jedoch gelegentlich ganz fehlt. Meist ist aber die Beziehung der Körner zur Haut wesentlich anders, als in dem eben geschilderten Fall. In der Regel gehen nämlich von der oberen feinwabigen Lage (a) der Haut gegen die Tiefe balkenartige Fortsätze aus, die theils frei endigen können, meist jedoch unter einander vielfach anastomosiren und so eine tiefe Lage bilden, deren gröberer Charakter an das Fasergerüst eines Hornschwamms erinnert. Alle Balken zeigen den feinwabigen Bau wie die obere Membranlage. Wie zu erwarten, sind sie häufig längsfaserig-wabig und zeigen auch hie und da Andeutungen von Schichtung, obgleich nicht so deutlich, dass dies mit voller Bestimmtheit behauptet werden darf. — Die Lückenräume dieses Balkenwerks sind in der Regel ganz vollgepfropft mit den oben erwähnten Körnern.

Die geschilderten Häute waren sowohl im feuchten als im getrockneten Zustand ziemlich stark doppelbrechend und zwar meist rein negativ (kleinere Achse senkrecht auf der Membranfläche). Bei dickeren Membranen wurde jedoch mehrfach gefunden, dass der optische Charakter in den verschiedenen Tiefen der Haut wechselte, auch wenn im gewöhnlichen Lichte keine Schichtung zu sehen war. So beobachtete ich eine solche Haut, die auf dem Durchschnitt eine mittlere negative Lage zeigte, welche nach Aussen und Innen von einer positiven begleitet

---

wasserstoff oder Jodverbindungen (s. Mylius 1887). Auch dies lässt die Sachlage nicht ganz so einfach im Sinne einer festen Lösung von Jod in Stärke erscheinen, wenn ich auch gerne zugebe, dass die Ansicht von Mylius und seiner Vorgänger, dass die Jodstärke eine bestimmte chemische Verbindung sei, nicht sehr fest begründet ist. Demnach scheint mir auch die Bestätigung, welche Küster durch seine Versuche und Anschauungen für die Meyer'sche Ansicht von der Natur der Stärkelösung zu erbringen glaubt, nicht sehr schwerwiegend zu sein. (Vergl. übrigens über die Jodfärbung der Stärke meine eigenen Erfahrungen im Nachtrag, am Schlusse dieser Arbeit.)

war. Auch die oben erwähnte Membran mit dichterer äusserer und weniger dichter tiefer Lage zeigte diesen Wechsel, indem die äussere Lage positiv, die tiefe dagegen negativ war.

Die Körner sind von sehr verschiedener Grösse, bleiben jedoch im Allgemeinen klein; Körner von ca. 5—8 μ gehören schon zu den ansehnlichen; von diesem Durchmesser sinkt die Grösse bis zu globulitischer Kleinheit herab. Ebenso ist auch ihre Form etwas wechselnd; obgleich die meisten ziemlich regelmässig kugelig sind, finden sich doch auch ellipsoidische, ja gelegentlich auch längliche und unregelmässige. Dies mag besonders betont werden, da es für die Beurtheilung ihres Aggregatzustandes wichtig ist.

Die Mehrzahl der Körner zeigt wenig von feinerer Struktur, sondern ist bei Untersuchung in Wasser anscheinend homogen und von mässig starker Lichtbrechung. Daneben begegnet man aber nicht wenigen, und bei manchen Dar-

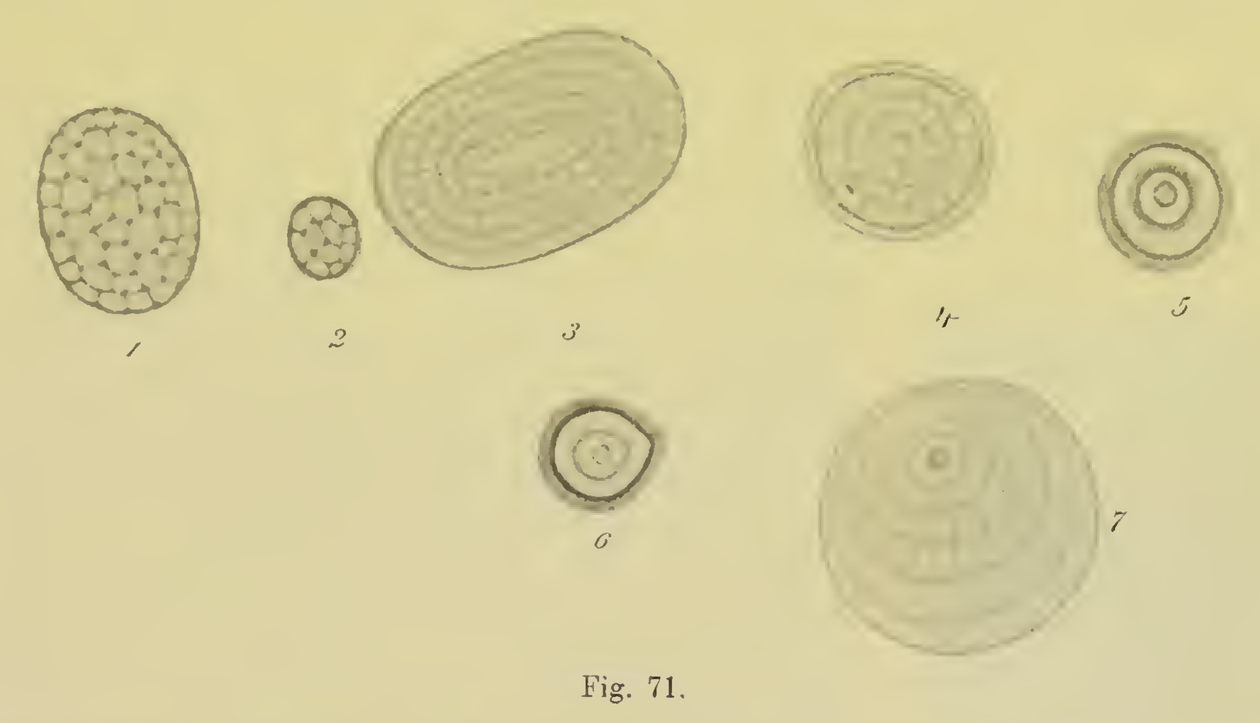


Fig. 71.

Körner aus der Eindampfungshaut von Weizenstärkelösung. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung überall tief. Im Wasser untersucht.

stellungen sogar vielen, die schön strukturirt sind. Die Struktur ist dann im Wesentlichen dieselbe, welche wir schon früher bei den aus der Zulkowsky'schen Stärkelösung durch Alkoholfällung dargestellten Körnern fanden (s. oben p. 69), d. h. eine schöne feinwabige (s. Textfig. 71). Die Waben der Oberfläche ordnen sich auch hier zu einem häufig sehr kenntlichen Alveolarsaum an (1, 2); dagegen ist deutliche Schichtung der Waben um das Centrum im Ganzen nur selten zu beobachten. Dennoch fanden sich einzelne schöne und zweifellose Beispiele (siehe die Textfigg. 3, 4, 7). Da stark lichtbrechende Tröpfchen, wie Oel und dergleichen, bei den verschiedensten Einstellungen konzentrisch verlaufende Beugungsringe im Innern zeigen können, die leicht eine nicht vorhandene Schichtung vorzutäuschen vermögen, so bemerke ich ausdrücklich, dass die in obenstehenden Figuren abgebildeten, gut geschichtet-wabigen Körner sämmtlich schwach lichtbrechend waren und ihre Struktur sicher eine reelle. Davon werden wir uns noch bestimmter überzeugen, wenn wir die ähnlichen Strukturen der später zu

besprechenden, sogen. künstlichen Stärkekörner untersuchen werden. Gelegentlich finden sich auch excentrisch geschichtete Körner (Textfig. 71, 7). Auch die anscheinend ganz homogenen Körner zeigen manchmal Schichtung, indem dichtere und weniger dichte Schichten alterniren (s. Figg. 5 und 6). Bei den kleineren Körnern wird die Zahl der Waben natürlich immer geringer (2); die kleinsten bestehen überhaupt nur aus einer einzigen Wabe, d. h., sie sind kleine hohle Kügelchen oder Körperchen, wie wir sie früher beim kohlensauren Kalk so schön fanden.

3. Die durch Gefrieren der Stärkelösungen erhaltenen Häute, Fäden und Körner.

Im Anschluss an obige Schilderung sei gleich bemerkt, dass die durch Gefrieren zu erhaltenden Körner sich in allen wesentlichen Punkten der Form und des feineren Baues den eben besprochenen gleich verhalten (s. Taf. 19 Fig. 5 u. 9, sowie Textfig. 75, p. 244). Ihre besondere Erörterung erscheint daher unnöthig. Dagegen bedürfen die Membranen und Fäden, welche die Hauptmasse der beim Gefrieren ausgeschiedenen Stärke bilden, eine etwas genauere Schilderung. Fig. 4 Taf. 3 giebt eine ungefähre Vorstellung der aus einer dünnen gewöhnlichen Lösung ausgeschiedenen Lamellen und Fäden bei schwacher Vergrösserung. Die Lamellen zeigen die mannigfaltigsten Umrisse, was noch dadurch vermehrt wird, dass sie meist mehr oder weniger zerrissen sind und deshalb unregelmässig zerschlitzte Ränder besitzen. Doch sieht man vielfach auch natürliche, unzerrissene Ränder, die nicht selten stellenweise in fädige Fortsätze auslaufen. An den aus schwächeren Lösungen ausgefrorenen Lamellen fiel namentlich auf, dass sie sich vielfach in eigenthümlicher Weise unter einander verbinden, indem sich auf eine Lamelle eine zweite senkrecht aufsetzte (s. Fig. 1 Taf. 8, welche den optischen Durchschnitt der Basis einer solchen aufsteigenden Lamelle zeigt und Textfig. 72). Hieraus folgt, dass die Lamellen ursprünglich vielfach untereinander anastomosirten, welcher Zusammenhang beim Aufthauen grossentheils zerstört wurde[1]). — Die Lamellen sind theils eben, theils wenig bis stark gekrümmt, ja röhrenförmig eingerollt. Ebenso wechselt ihre Dicke sehr, wie man nach den vielfach sichtbaren optischen Durchschnitten gut beurtheilen kann. Die Dicke der dünnsten, wie eine auf Fig. 1 Taf. 8 im optischen Durchschnitt abgebildet ist, schwankt um 1 μ; die dickeren erheben sich nach einigen Messungen bis zu 12 μ

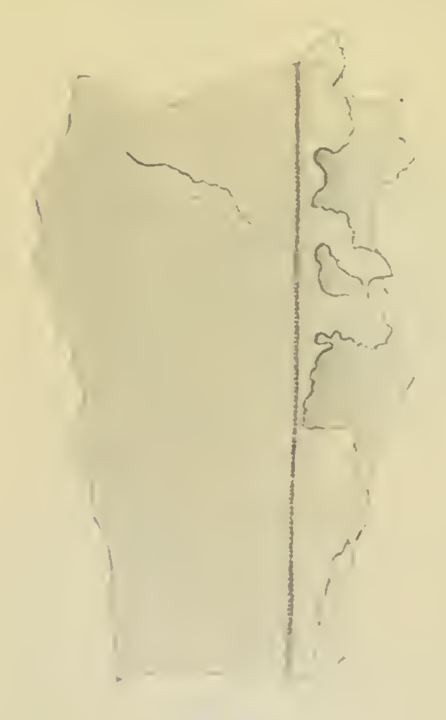


Fig. 72.

Membranfetzen aus gefroren. Lösung von Weizenstärke. Von der in der Fläche ausgebreiteten Membran erhebt sich eine sehr dünne, senkrechte, die unregelmässig zerrissen. Optischer einwabiger Durchschnitt von deren Basis. Vergr. mässig.

[1]) Aehnlich der Stärkelösung scheinen sich nach Ambronn's Erfahrungen (1891) wasserreiche Gelatine- und Agargallerte beim Gefrieren zu verhalten. In dünner Schicht auf dem Objektträger gefroren, erscheinen sie nach der Verdunstung des Eises als ein polygonales Netzwerk, das parenchyma-

und mehr. Die genauere mikroskopische Untersuchung der Lamellen und Fäden zeigt stets den sehr feinwabigen Bau, welcher recht scharf ausgeprägt ist, jedoch wegen der Kleinheit der Waben dem genauen Studium grosse Schwierigkeiten bietet. Am geeignetsten zur Untersuchung sind die dünnsten Lamellen, die, wie der optische Durchschnitt (Fig. 1 Taf. 8) zeigt, nur aus einer einzigen Wabenschicht bestehen. Dementsprechend erscheint der Durchschnitt regelmässig senkrecht zu den beiden Flächen gestrichelt, wie es die Heliogravüre ziemlich klar darstellt, doch bei weitem nicht so scharf als die Originalphotographie. Die dickeren Lamellen bestehen natürlich aus zwei (s. Textfig. 74) bis zahlreichen Wabenschichten und zeigen in der Regel an jeder der Flächen einen sehr deutlich ausgebildeten Alveolarsaum (s. Textfig. 73). Die zwischen diesen beiden Säumen befindliche Wabenmasse ist entweder unregelmässig angeordnet, ohne Anzeichen von Schichtung oder, was nicht selten, mit ausgesprochener Neigung zu faseriger Ausbildung senkrecht zur Lamellenfläche (s. Textfigur 73).

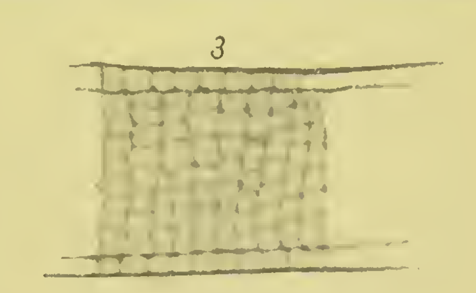


Fig. 73.

Membran aus gefrorener Weizenstärke. Kleines Stückchen des optischen Durchschnitts. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung tief auf Wabenstruktur.

Die Flächenansicht dünner Lamellen zeigt natürlich die feine Wabenstruktur sehr gut (s. Textfig. 74), meist ohne Andeutung faseriger Entwickelung. Auch nach Austrocknung auf dem Objektträger erhält sich die Struktur in der Regel sehr schön, ja sie erscheint nun wegen der stärkeren Brechungsdifferenz des Gerüstwerks und der Wabenräumchen meist viel schärfer. Zur Erläuterung sind auf Taf. 19 Fig. 1 a—c drei Photographien eines Fetzchens einer solchen getrockneten Lamelle dargestellt (in Luft untersucht, Vergr. 2560). Fig. 1 a zeigt bei grade tiefer Einstellung das wabige Gerüstwerk mit den hellen Wabenräumchen sehr gut. Fig. 1 c dagegen bietet die gleiche Stelle bei eben deutlich hoher Einstellung, wo die hellen Räumchen gerade dunkel geworden sind, das Gerüstwerk dagegen hell. Ein falsches Netzbild ist bei dieser Einstellung und der nicht zu engen Blende kaum angedeutet. Fig. 1 b endlich zeigt dieselbe Partie bei einer Tubusstellung, welche zwischen den beiden ersterwähnten liegt; sie ist, wie eine genaue Vergleichung ergiebt, gerade hoch eingestellt und lässt bei sehr enger Blende ein viel engeres falsches Netzbild erkennen. Uebrigens ist die Einstellung auf dieser Figur nicht überall gleich, wohl deshalb, weil die Lamelle nicht ganz eben liegt; denn bei a (links oben) ist fast jede Andeutung von Struktur geschwunden, d. h., hier liegt



Fig. 74.

Membran aus gefrorener Lösung von Weizenstärke. Hauptsächlich der optische Durchschnitt dargestellt, der hier zwei Wabenreihen dick ist; in der oberen Ecke ist auch die Flächenstruktur auf eine kleine Strecke dargestellt. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung auf Struktur tief.

tischem Pflanzengewebe sehr ähnlich ist und dessen Wände sich auch optisch negativ verhalten. Beim Aufthauen bleibt das Netzwerk erhalten. Hieraus dürfte hervorgehen, dass auch beim Gefrieren dieser Gallerten ähnliche Lamellen gebildet werden, wie sie in der Stärkelösung entstehen.

nach unseren früheren Erfahrungen gerade die mittlere Einstellung vor, bei welcher die Struktur unsichtbar ist. Eine Berechnung des mittleren Wabendurchmessers auf Grundlage der Fig. 1a ergiebt durchschnittlich 0,5 μ.

Im Wesentlichen die gleiche Struktur wie die Lamellen zeigen auch die Fäden, deren Enden häufig etwas kugelig angeschwollen sind. Auch sie sind schön feinwabig strukturirt mit häufig besonders guter Ausprägung des Alveolarsaums der Oberfläche. Zuweilen tritt an ihnen eine querfaserige Bildung ziemlich deutlich hervor, wie es die Photographie eines solchen Fadens (Taf. 3 Fig. 3) leider nur sehr mässig zeigt. Auch der Alveolarsaum, welcher an dem linken Rande ziemlich scharf ausgeprägt war, ist auf der Photographie nur in schwacher Andeutung zu sehen.

An den Fäden, welche aus der bei 145° hergestellten Lösung erhalten wurden und die gewöhnlich als Ausläufer der Membranränder auftraten, fanden sich vielfach recht dünne Stellen, die nur wenige Waben dick waren. Diese Stellen liessen besonders klar erkennen, dass es sich thatsächlich um einen wabigen Bau handelt. Textfig. 75 1 zeigt das Bild einer solchen Stelle bei tiefer Einstellung.

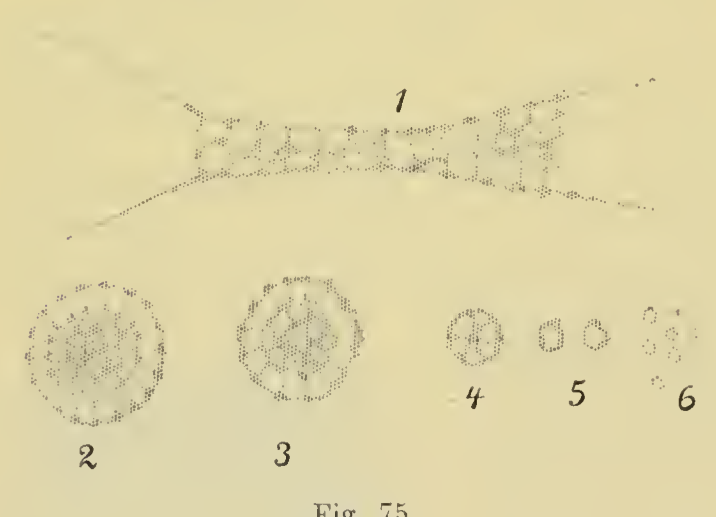


Fig. 75.

1. Sehr feiner Faden aus gefrorener bei 145° dargestellter Lösung von Arrowroot. Dünn ausgezogene Stelle des Fadens mit zweifellosester Wabenstruktur. 2, 4—6. Eindampfungskörner dieser Lösung verschiedenster Grösse. 3. Ein Gefrierungskorn dieser Lösung. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung auf die Struktur überall tief.

Beim Gefrieren einer stark eingedickten gewöhnlichen Lösung wurde eine gallertige Masse erhalten, die aus einem gröberen bis feineren Lamellenwerk bestand, das Hollundermark ganz ähnlich war, indem die Lamellen sich wie die Zellwände im Hollundermark zusammengeordnet und verbunden zeigten. Diese Lamellen waren fast durchgängig sehr dünn, einwabig; gleichzeitig hatten sich auch relativ grosse Mengen von Körnern gebildet.

Auch die durch Gefrieren erhaltenen Lamellen erwiesen sich sowohl bei Untersuchung in Wasser als im getrockneten Zustand stets schwach negativ doppelbrechend. Die im optischen Durchschnitt gesehenen Lamellen zeigen dieses Verhalten sehr gut und auch nach dem Trocknen und Einbetten in Kanadabalsam vortrefflich. An den trockenen, in Luft untersuchten Lamellen dagegen wird die Erscheinung durch die sich geltend machende Oberflächenpolarisation hie und da etwas gestört.

An den in Wasser unsersuchten Fäden und Körnern beider Herstellungsarten vermochte ich früher keine Doppelbrechung wahrzunehmen, wie ich schon 1893 berichtete. Wurden die Körner dagegen aufgetrocknet, wobei sie stark lichtbrechend werden und ihre Struktur ganz schwindet, so zeigten sie bei Untersuchung in Luft ein sehr schönes orthogonales Kreuz, ganz wie die früher (p. 71) beschriebenen ähnlichen Körner, die durch Alkohol aus Zulkowsky'scher Stärkelösung erhalten wurden. Obgleich die Farbenvertheilung bei Anwendung des Gypsplättchen erster Ordnung wegen der Kleinheit der Körner nur schwierig feststellbar ist, so habe ich

mich doch bei wiederholter Untersuchung sicher überzeugt, dass die Körner sich unter den angegebenen Bedingungen wie optisch positive Sphärokrystalle verhalten, d. h. eine diesen entsprechende Farbenvertheilung zeigen. In gleicher Weise wie für die Körner der Zulkowsky'schen Stärke habe ich jedoch später erkannt, dass diese Polarisationserscheinungen der Körner zweifellos nur von Oberflächenpolarisation herrühren, da das in Luft recht kräftige Phänomen nach der Einbettung in Kanadabalsam ganz verschwindet. Uebrigens ist die Uebereinstimmung der Lichtbrechung der Stärkegebilde und des Kanadabalsams so gross, dass sie in letzterem völlig unsichtbar werden. Da die Erscheinungen der Oberflächenpolarisation sehr wenig bekannt sind und namentlich über das Auftreten schöner orthogonaler Kreuze unter diesen Bedingungen mir erst meine eigenen Untersuchungen (s. oben p. 31) Aufschluss gaben, so wird man es entschuldigen können, wenn ich einige Zeit durch diese Beobachtung getäuscht wurde und dementsprechend in meiner vorläufigen Mittheilung von 1893 berichtete. Uebrigens habe ich die Sachlage schon 1894 richtig gestellt.

In Berücksichtigung dieser früheren Erfahrungen war es nun sehr wichtig, dass die neuerdings (1897) ausgeführten Versuche mit der bei 145° bereiteten Lösung das unerwartete Resultat ergaben, dass sowohl die Eindampfungs- wie die Gefrierungskörner, die in ihrem Bau und sonstigen Verhalten ganz mit denen der gewöhnlichen Lösung übereinstimmten, sich in Wasser deutlich, wenn auch recht schwach doppelbrechend erwiesen. Obgleich scharfe Aufmerksamkeit dazu gehört, die schwache Doppelbrechung wahrzunehmen, ist sie doch ganz sicher nachzuweisen. Wie die später zu besprechenden künstlichen Stärkekörner, geben die Körner zwischen gekreuzten Nicols auch kein eigentliches Kreuz, sondern zwei helle und zwei dunkle Quadranten (s. hierüber auch die früheren Erfahrungen an den Luftblasen in Gelatine, p. 161). Die Farbenvertheilung bei Einschaltung des Gypsplättchens erster Ordnung lehrt, dass sie sich wie negative Sphärokrystalle verhalten, also umgekehrt wie natürliche, positive Stärkekörner, dagegen in Uebereinstimmung mit dem negativen Verhalten der Membranen, wenn wir die Fläche der Körner als jener der Membranen entsprechend erachten. Ganz wie die Körner wirken auch die kolbig angeschwollenen Enden der Fäden auf das polarisirte Licht.

W. Nägeli, welcher die sog. „unregelmässigen Trümmer", die sich aus einer „Kleisterlösung" beim Gefrieren ausscheiden, beobachtet hat (1874, p. 13, 26, 46) und sie auch auf Fig. 1 abbildet, bemerkt ausdrücklich, dass sie „auf das polarisirte Licht nicht wirken" (p. 13, 46). A. Meyer bemerkt über das Gefrieren der gewöhnlichen 2% Stärkelösung (seiner Emulsion von unsichtbaren Tröpfchen amylosiger Wasserlösung) p. 17 folgendes: „Noch schneller scheiden sich mikroskopisch sichtbare Tröpfchen" (d. h. von amylosiger Wasserlösung) „bei + 2° ab. Kühlt man die Stärkelösung auf — 10° ab, so fliessen die Tröpfchen zu feinkörnigen Fäden (Taf. VII Fig. Z c, d) oder Kugeln (a, b) oder einem Netz von Fäden und Platten zusammen (e), je nach der Schnelligkeit, mit welcher das Gefrieren erfolgt, und je nach der Konzentration der Emulsion." Seite 18 wird bezüglich einer 4% gewöhnlichen Stärkelösung noch angegeben: „Beim Gefrieren bildet sich daraus eine schwammige Masse, welche aus Tröpfchen besteht, aus welcher man unter dem Deckglas Wasser auspressen kann." Endlich bemerkt er noch auf p. 156, wo er die in meiner vorläufigen

Mittheilung von 1893 enthaltenen Angaben bespricht: „Diese künstlichen Stärkekörner Bütschli's" (d. h. die Gefrierungs- und Eindampfungskörner) „sind nur die bekannten Tröpfchenaggregate, also Gebilde, wie ich sie in Fig. Z a auf Taf. 7 abbildete und schon 1886 abgebildet hatte." Ueber das Verhalten der bei 140° hergestellten Lösung beim Gefrieren berichtet Meyer nichts, wie schon angegeben.

Demnach hält Meyer die Lamellen, Fäden und Körner, die beim Gefrieren entstehen, für Aggregationen, resp. auch Produkte des Zusammenflusses von Tröpfchen zähflüssiger amylosiger Wasserlösung und daher auch diese Gebilde selbst für zähflüssig. Wie es kommen soll, dass homogene Tröpfchen „zu feinkörnigen Fäden oder Kugeln zusammenfliessen", ist mir unverständlich, da ich nicht verstehe, wie durch Zusammenfliessen nicht körniger Tröpfchen ein körniges Produkt entsteht. Die angeführten Abbildungen Meyer's (Taf. VII Z) zeigen übrigens sofort, dass er sich die Gebilde nur flüchtig und bei schwacher Vergrösserung betrachtet haben kann, indem sie theils etwas grobvakuolige oder körnige Einlagerungen zeigen, theils dagegen eine lockere Punktirung. Jeder, der die betreffenden Gebilde einigermassen sorgfältig mit stärkeren Vergrösserungen studirt hat, wird zugeben müssen, dass die citirten Figuren nur flüchtige Umrissskizzen darstellen, welche kein genügendes Bild von dem feineren Bau der betreffenden Gebilde geben können. — Da Meyer alle geschilderten Stärkeausscheidungen für zähflüssig erklärt, ohne jedoch irgend einen Beweis ihres flüssigen Aggregatzustandes beizubringen, so berichtet er konsequenter Weise überhaupt nichts über ihr Verhalten im polarisirten Licht. In Anbetracht ihrer flüssigen Natur war es ja für ihn wohl selbstverständlich, dass sie nicht doppelbrechen. In seinem sog. Referat von 1896 über meine Mittheilung von 1896 bereitet es ihm grosse Genugthuung, dass ich die Polarisationserscheinung der eingetrockneten Körner mittlerweile (schon 1894) als Oberflächenpolarisation erkannt hatte. „Es war mir (Meyer) sehr leicht erklärlich und mit meiner Annahme von der Natur dieser Gebilde völlig zu vereinbaren, dass ein solches Kreuz erscheinen konnte, ich wusste aber auch, dass es auf ganz anderen Ursachen beruhen musste, als das Kreuz der Stärkekörner" (p. 332). Ich muss es noch jetzt bedauern, dass Meyer den Lesern seines Stärkebuches von 1895 gar nichts von dem von mir beobachteten Kreuz der eingetrockneten Körner mittheilte und von den ihm ja „sehr leicht erklärlichen" Ursachen desselben; da er doch nicht wohl voraussetzen durfte, dass alle Leser so scharfsinnig wie er sein würden und die richtige Erklärung der Thatsache, die er, dem Referate von 1896 zufolge, nicht bestritt, selbst durchschauen konnten. Nun hat aber Meyer auch sowohl in seinem Buch als in dem Referat von 1896 nicht ein Wort über die leicht zu beobachtende Doppelbrechung der Lamellen berichtet, die ich schon 1893 angegeben habe und welche doch für seine Auffassung dieser Lamellen als Tröpfchenaggregate gewiss nicht belanglos sein konnte.

Nachdem ich mich nun sicher überzeugen konnte, dass auch die Körner aus der bei 145° hergestellten Lösung in Wasser schwach doppelbrechend sind, eine Erfahrung, die ich übrigens wesentlich auf die grössere Uebung zurückführen muss, welche ich in der Beobachtung schwacher Polarisationserscheinungen allmählich erlangt habe, zweifle ich kaum, dass auch die Körner der gewöhnlichen Lösung in Wasser schwach doppelbrechen.

Abgesehen aber von diesen Erfahrungen, machen es auch alle sonstigen

charakteristischen Eigenschaften der geschilderten Gebilde ganz unmöglich, der Meyer'schen Ansicht über ihre zähflüssige Natur und über ihre Auffassung als Tröpfchenaggregate zuzustimmen. Dass die von mir geschilderten feinen Bauverhältnisse damit nicht vereinbar sind, geht aus der obigen Darstellung genügend hervor. Angenommen aber auch, es lägen hier Aggregationen zähflüssiger Tröpfchen vor, wie sie in Gestalt schöner doppelbrechender, zerrissener und festgestalteter Lamellen gewiss nirgends sonst beobachtet worden sind, so müsste sich die zähflüssige Struktur der konstituirenden Tröpfchen durch das Verhalten der Lamellen bei Druck, Quetschen und dergl. Misshandlung irgendwie zeigen. Es müsste dabei sicherlich zu theilweisem Zusammenfliessen der zähflüssigen Tröpfchen kommen und der zähflüssige Aggregatzustand müsste sich auch auf diesem Wege erkennen lassen. Entsprechende Versuche an den ausgefrorenen Lamellen, Fäden und Körnern haben jedoch nicht die geringste Spur eines solchen Zusammenfliessens ergeben, sondern stets ein Verhalten, welches dem fester Gebilde entspricht. Seite 17 lässt Meyer die Fäden und Kugeln bei 2° durch Zusammenfluss der Tröpfchen entstehen; später, p. 156, bezeichnet er dagegen wieder die von mir besprochenen Körner, die eben diese Kugeln sind, als „Tröpfchenaggregate". Wären nun die Fäden und Kugeln aus zähflüssigen Tröpfchen zusammengeflossen, so müsste sich ihre zähflüssige Natur auch bei Druck durch Strömungen etc. manifestiren. Ueberhaupt könnten weder die Fäden, noch die häufig von der Kugelgestalt sehr abweichenden Körner auf die Dauer diese Form bewahren, sondern müssten sich allmählich abrunden und zu Tropfen werden. Davon ist jedoch nie etwas zu sehen, sondern die einmal vorhandene Gestalt der Gebilde bleibt bestehen, selbst bei sehr langer Beobachtung. Alles dies spricht, wie gesagt, für ihre feste Natur; noch entschiedener natürlich ihre Anisotropie und dies alles um so mehr, als ich bei Meyer Gründe für die angeblich zähflüssige Natur, resp. für die Zusammensetzung aus zähflüssigen Tröpfchen, gänzlich vermisse.

Auf die beim Eindampfen entstehenden Häute, Fadennetze und Körner bin ich hier absichtlich nicht eingegangen, da wenigstens für die oberflächlichen Partien der Häute angenommen werden kann, dass sie eingetrocknet seien und der zähflüssige Zustand daher einem festen Platz gemacht habe. Meyer fasst auch diese Gebilde ganz in gleicher Weise als Tröpfchenaggregate auf; ich bemerke daher, dass ich an ihnen genau die gleichen allgemeinen Eigenschaften finde, wie an den durch Gefrieren entstandenen und sie daher auch in ganz gleicher Weise beurtheile im Gegensatz zu Meyer.

Wenn wir die nicht direkt verfolgte Entstehung dieser Gebilde beim Eindampfen oder Gefrieren beurtheilen sollen, so liegen zwei Möglichkeiten vor. Die Konfiguration der fädigen Gebilde, die durch Gefrieren entstehen und welche häufig an den freien Enden kolbig-kugelig angeschwollen sind, zuweilen auch stellenweise ganz minutiös fadenartig verdünnt, als wenn sie hier wie ein flüssiger Faden auseinanderreissen wollten (was jedoch nie erfolgt), legt die Möglichkeit nahe, dass die Gebilde ursprünglich im zähflüssigen Zustand ausgeschieden wurden, hieraufunter Entmischung erstarrten und so den feinwabigen Bau erlangten[1]). Eine

[1]) Dass ich jetzt, nachdem die Versuche über die Krystallisation aus dem Schmelzfluss die Bildung wabiger Strukturen ergeben haben, nicht mehr daran zweifle, dass dieser Bildungsmodus der bei weitem wahrscheinlichste ist, brauche ich wohl kaum besonders zu betonen

zweite Möglichkeit dagegen wäre die, dass sie sich aus feinsten Globuliten, welche sich in der Flüssigkeit abscheiden, aufbauten, unter theilweiser Verschmelzung und Verwachsung der anfänglich flüssigen, später erstarrenden Globuliten; in welchem Falle denn auch ihre feine Struktur nicht als eine echt-wabige, sondern eine globulitisch-wabige anzusehen wäre.

Wir stehen hier wiederum vor derselben Schwierigkeit, die unserer tieferen Einsicht bei der Beurtheilung der feineren Strukturen krystallinischer und sphärenbildender Substanzen schon vielfach begegnete und welche Meyer als die „Unsicherheit und das Schwankende" meiner Arbeiten bezeichnet, im Gegensatz zu seinen recht bestimmt ausgesprochenen, jedoch, wie ich früher (1896) und oben dargelegt habe, ebenso hypothetischen als auf ungenügender Kenntniss der behandelten Objekte beruhenden Anschauungen.

4. Herstellung geschichteter Stärkelamellen durch wiederholte Eintrocknung.

Es wurde der Versuch gemacht, durch häufig wiederholtes Eintauchen des Endes eines feinen Kapillarrohrs in heisse gewöhnliche Stärkelösung (Weizenstärke von 2%, die auf die Hälfte eingedampft war) einen geschichteten Ueberzug von Stärke auf dem Ende des Kapillarrohrs zu erzeugen. Der Versuch gelang recht gut und lieferte eine sehr schön und fein geschichtete Ueberkleidung des Rohres von dem Taf. 23 Fig. 3 abgebildeten Aussehen. Wie gesagt, war die Schichtung recht fein und etwa 20—25 Schichten deutlich zu zählen. Die Unterscheidung der Schichten war dadurch möglich, dass die eigentlichen Schichten bei tiefer Einstellung durch sehr zarte hellere Linien gesondert waren. Hie und da waren diese Grenzlinien bei hoher Einstellung durch feine Reihen dunkler Pünktchen gebildet, die ich nicht anders als minutiöse Luft- oder Gasbläschen zu deuten vermag, um so mehr, als auch hier und da vereinzelte grössere unzweifelhafte Luftbläschen in der Stärkemasse eingeschlossen waren. Deshalb ist es nicht unwahrscheinlich, dass auch die hellen Grenzlinien zwischen den stärker lichtbrechenden eigentlichen Schichten einer sehr geringen Lufteinschaltung ihre Entstehung verdanken.

Wie zu erwarten, war dieser geschichtete Stärkeüberzug stark doppelbrechend, was nach der Einbettung in Damarlack besonders schön hervortrat. Dabei zeigte sich, dass er schon ohne Anwendung des Gypsplättchens Farbenbänder darbot, indem die inneren blauen Bänder, die auf der Fig. 3 (mit Gypsplättchen) in dem Ueberzug herabziehen, auch schon ohne Gypsplättchen als blaue, rothgesäumte Bänder sichtbar sind. Die Einschaltung des Gypsplättchens (1. O.) ergab eine Farbenvertheilung, wie sie auf Fig. 3 dargestellt ist, bei der Lage der Achse kleinerer Elasticität des Gypsplättchens (im Nägeli'schen Sinne) von links unten nach rechts oben. Hieraus folgt, wie zu erwarten war, dass die Schichten sich im Allgemeinen negativ verhalten. Auch bei Anwendung des Gypsplättchens treten die Schichten ziemlich klar hervor, da die aufeinanderfolgenden in der Farbe differiren, wie es die Figur zeigt.

5. Herstellung von Sphärokrystallen der Stärke aus den Lösungen.

a) Darstellung der Sphären aus der gewöhnlichen, durch Kochen erhaltenen und aus der durch Erhitzen auf 145° erhaltenen Lösung.

Wie ich in meiner 1896 erschienenen vorläufigen Mittheilung berichtete, wurden meine Bestrebungen, aus den Lösungen der Stärke sphärokrystallinische Bildungen zu erhalten, welche den natürlichen Stärkekörnern vergleichbar sind, im Sommer 1896 durch einen gewissen Erfolg gekrönt. In der vorläufigen Mittheilung bemerkte ich über die Ideen, welche zu diesen Versuchen führten, folgendes (p. 5): „Da ich die Meinung hegte, dass wohl bei der Lösung der Stärke in Wasser schon eine Spaltung, unter Anlagerung von Wasser, stattfindet, schien mir die Gewinnung krystallinischer Stärke wahrscheinlich, wenn es gelänge, in der Lösung einen umgekehrten Prozess herbeizuführen. Dieser Gedankengang war es, wie gesagt, der mich, auf Grund gewisser Erwägungen über die starke Neigung von Gelatine zu Wasser, dazu führte, Gelatine in die Lösung einzuführen." Hierzu bemerkt A. Meyer auf p. 333 seines kritischen Referates (1896): „Bütschli hat nun im Verfolg seiner falschen Meinungen die erstaunliche Idee, der gespaltenen Amylose das chemisch gebundene Wasser durch Gelatine zu entziehen." Gleichzeitig spricht sich Meyer gegen die von mir und früher auch von Anderen geäusserte Meinung aus, dass bei der Lösung der Stärke, d. h. bei 140° (da nur dann eine echte Lösung stattfinde) eine Spaltung eintrete; wenn er daher früher (1895) auf p. 157 seines Stärkebuchs bemerkt habe, dass die Herstellung von quellbaren Sphärokrystallen der Amylose wohl gelingen müsse bei Zusatz schleimiger Substanzen und langsamer Abkühlung der bei 140° hergestellten Lösung, eventuell auch bei Zusatz von Glycerin zu Lösungen bei 140°, so habe er dabei nur im Auge gehabt, das Lösungswasser zu entziehen.

Obgleich mir in Hinsicht auf diese chemische Frage nur eine geringe Kompetenz zukommt, kann ich doch nicht umhin zu bemerken, dass das übereinstimmende Verhalten der durch Kochen und der bei 140° hergestellten Lösungen doch die Vermuthung sehr nahe legt, dass die gelöste Stärke eine Veränderung erfahren hat. Warum löst sich denn die Stärke erst bei 140° (nach Meyer) in Wasser, und nicht zuvor? Dies ist doch nicht das Verhalten einfach wasserlöslicher Körper? Warum wird denn ferner die gelöste Stärke bei der Abkühlung nicht ausgeschieden? Um eine Ueberkaltung handelt es sich dabei jedenfalls nicht, denn auch das Einbringen von festen Stärkekörnern in die Lösung ruft keine Ausscheidung oder Krystallisation der gelösten Stärke hervor. Warum ist ferner die aus der Lösung durch Eintrocknen erhaltene Stärke wieder so wenig löslich im Wasser wie zuvor? Alles dies sind Verhältnisse, welche die Annahme, dass die in Lösung gegangene Stärke eben nicht die unveränderte trockene Stärke ist, nahe zu legen scheinen. Dazu kommt, dass die gleiche Annahme für die Lösungen gelatinirender kolloidaler Körper unorganischer und organischer Natur sehr gewöhnlich gemacht wird und dass die Stärkelösungen ja auch in ihrem Verhalten mit den Lösungen dieser Substanzen sehr nahe überein-

stimmen. Daher vermag ich nicht einzusehen, dass meine Meinungen über diese Dinge „falsch“ waren, wie Meyer glaubt[1]).

Was nun die nach Meyer „erstaunliche Idee“ angeht, die eventuell gespaltene Stärke der Lösung durch Zusatz von Gelatine rückzuverwandeln, ihr „das chemisch gebundene Wasser durch Gelatine zu entziehen“, so scheint mir auch diese Idee nicht so grosses Erstaunen zu verdienen, bei Kenntniss der Erfahrungen, dass die Verwandlung der löslichen Modifikation kolloidaler Körper in die unlösliche häufig durch Zusatz geringer Mengen sehr indifferenter Substanzen, wie Salze oder Kolloide hervorgerufen wird und weiterhin des Umstandes, dass die Gelatine zweifellos eine bedeutende Neigung hat, Wasser aufzunehmen, nicht nur etwa kapillar oder adhäsiv, sondern vermuthlich auch chemisch als Hydratwasser, worüber verschiedenartige Erfahrungen vorliegen. Endlich war für mich auch bestimmend, dass bei der Bildung der Stärkekörner in dem Organismus zweifellos keine Substanzen, wie sie in unseren Laboratorien als wasserentziehende Verwendung finden, in Thätigkeit treten können, dass dagegen wohl solche, die der Gelatine näher stehen, vielleicht eine Rolle zu spielen vermöchten. Schon 1893 hatte ich vergeblich Eiweiss- und Zuckerzusatz zu Stärkelösungen versucht, in der Hoffnung, damit eventuell stärkekornartige Krystallisationen hervorzurufen; es lag mir daher der Gedanke nahe, auch die Gelatine in dieser Hinsicht zu prüfen.

Aus dem im Folgenden über die Einwirkung der Gelatine auf die Stärkelösungen zu Berichtenden wird ferner hervorgehen, dass ihre Wirkung sehr eigenthümlich ist und nicht etwa nur die eines einfachen zähen Mittels.

Meiner vorläufigen Mittheilung von 1896 lagen nur Versuche mit den gewöhnlichen, durch Filtrirpapier sorgfältig filtrirten Lösungen von Weizenstärke zu Grund, aus denen, nach Vermischung mit dem gleichen Volumen 5%, sorgfältig filtrirter Gelatinelösung und Eintrocknen der Mischung in eine Schale auf dem Wärmeschrank bei ca. 40° C., die weiter unten genauer zu schildernden Sphären von Stärke erhalten wurden. Da A. Meyer in seinem kritischen Referat die Behauptung aufstellt, dass in der von mir benutzten Lösung „leicht relativ viel Amylodextrin“ und Dextrin gewesen sein könne, so habe ich im Laufe des Winters 1896/97 auch mit der aus 2 g Arrow-root mit 50 g Wasser unter den oben (p. 237) angegebenen Vorsichtsmassregeln bei 145° C. bereiteten 2% Lösung entsprechende Versuche angestellt. Da A. Meyer ferner behauptet, dass wahrscheinlich durch die Säure, welche die käufliche Gelatine enthielte, eine relativ grosse Menge der angewendeten Stärke bei meinen ersten Versuchen zu Amylodextrin invertirt worden sei, so wurde die zu dem neuen Versuche verwendete 5% Gelatinelösung, die übrigens nur eine Spur sauer reagirte, mit ein wenig kohlensaurem Natron eben alkalisch gemacht und in diesem Zustand verwendet. Der Versuch mit der bei 145° hergestellten Lösung empfahl sich namentlich deshalb, weil, wie schon mehrfach ausgeführt wurde, diese Lösung nach Meyer eine wirkliche ist, die durch Kochen hergestellte dagegen nur eine Emulsion.

---

1) Letzthin hat W. Rothert (1897 p. 231—233) gegenüber der Ansicht Meyer's hervorgehoben, dass sowohl die Bildung der sog. „amylosigen Wasserlösung“ als auch die Lösung der β-Amylose bei 138° auf einer „hydrolytischen Spaltung“ der Moleküle der β-Amylose beruhen dürfte. Die von mir vertretene Meinung findet daher auch von dieser Seite Unterstützung, obgleich ohne Hinweis auf meine von Meyer angegriffenen übereinstimmenden Ansichten.

Das Ergebniss des Versuches mit der bei 145° hergestellten Lösung war nun, dass hierbei nach dem Eintrocknen mit Gelatine bei 40° C. und Wiederauflösen der letzteren eine so grosse Menge der schönsten Sphären erhalten wurde, dass in Betracht der angewendeten, nur 2% Lösung zweifellos die grösste Menge der gelösten Stärke in dieser Form ausgeschieden worden war.

Ganz dasselbe Resultat hatten auch die früheren Versuche mit der gewöhnlichen, aus Weizenstärke bereiteten Lösung ergeben; auch hier war die Menge der erzielten Stärkesphären so bedeutend, dass sicher die grösste Menge der gelösten Stärke sich in dieser Form abgeschieden hatte. In beiden Fällen jedoch bestand der nach Auflösen der eingetrockneten Masse erhaltene Rückstand nicht ausschliesslich aus Sphären, sondern daneben waren auch noch Fetzchen lamellöser Stärke von globulitisch-wabigem Bau vorhanden (s. Taf. 22, Fig. 2 und Textfig. 78 h), ähnlich denen, welche beim Eindampfen oder Gefrieren der Lösungen erhalten werden. Bei der Darstellung aus gewöhnlicher Lösung waren diese Beimischungen vielleicht etwas reichlicher. — Bei der Bereitung der Sphären ist noch darauf zu achten, dass die eintrocknende Gelatine die unangenehme Eigenschaft hat, aus dem Boden der Porzellan- und Glasgefässe Stücke herauszusprengen oder zu reissen, welche sich beim Auswaschen den Sphären beimischen und von ihnen kaum zu trennen sind. Daher dürfte es sich empfehlen, das Eintrocknen in einem Metallgefäss, einer Platinschale oder dergl., vorzunehmen. — Die Reinigung der ausgeschiedenen Stärke von der Gelatine wurde stets in der Weise ausgeführt, dass die eingetrocknete Masse mit destillirtem Wasser auf dem Wärmeschrank (40° C.) gelöst und der Rückstand hierauf durch wiederholtes Dekantiren mit auf 50° erwärmtem Wasser, resp. später mit kaltem Wasser, in dem etwas Chloroform aufgelöst war, vielfach ausgewaschen wurde. Endlich wurde die erhaltene Substanz in 50—70% Alkohol aufbewahrt.

Im Folgenden mögen die Körner aus der bei 145° bereiteten Lösung (A) als die A-, die aus der gewöhnlichen Lösung (B) als die B-Körner bezeichnet werden.

Ueber den eigentlichen Bildungsgang der Sphären beim Eintrocknen des Gelatinegemisches ist vorerst natürlich wenig zu sagen; dennoch hat sich neuerdings bei der Herstellung der A-Körner darüber einiges Bemerkenswerthe ergeben. Vor einiger Zeit hat nämlich Beijerinck (1896) die merkwürdige Beobachtung gemacht, dass eine Lösung von Kartoffelstärke, die durch wiederholte längere Behandlung mit 7,5% Salzsäure in heissem Wasser löslich gemacht war[1]), sich mit Gelatinelösung nicht mischt, sondern damit eine Emulsion bildet. Dies für zwei wässerige Lösungen sehr eigenthümliche Verhalten, das mir, offen gestanden, wenig wahrscheinlich vorkam, konnte ich zu meiner Ueberraschung schon wenige Tage, nachdem ich durch die Freundlichkeit von Herrn Professor Cramer auf Beijerinck's Mittheilung aufmerksam geworden war, bestätigen. Bei der Vermischung der erwähnten A-Lösung mit dem gleichen Volum 5% Gelatinelösung fiel nämlich auf, dass die Mischung schwach getrübt war. Die mikroskopische Untersuchung ergab denn auch, dass in der That keine homogene Mischung beider Lösungen eingetreten war,

1) Genaueres über diese Herstellung dieser sog. löslichen Stärke siehe bei C. J. Lintner im Journal f. prakt. Chemie N. F. Bd. 34, 1886, p. 381. Es ist mir übrigens nach meinen Erfahrungen nicht recht verständlich, wie sich auf diesem Wege ein in heissem Wasser völlig lösliches Stärkepräparat herstellen lassen soll.

sondern die Bildung einer Emulsion von Tröpfchen der Stärkelösung (A) in der Gelatinelösung. In diesem Fall war die Stärkelösung in die Gelatinelösung gegossen worden. Das Gemisch wurde hierauf $^1/_4$ Stunde auf den Wärmeschrank bei 40° gesetzt und dann Proben untersucht. Die sehr verschieden grossen Tröpfchen der Stärkelösung zeigten fast alle selbst einen fein-emulsiven Bau, indem sie von grossen Mengen schwacher lichtbrechender Tröpfchen durchsetzt waren. Während der Beobachtung unter dem Deckglas schwand jedoch dieser Charakter sehr rasch, und die Tropfen wurden alle ganz homogen. Die Prüfung mit Jod ergab, dass die Tröpfchen der Stärkelösung sich sehr intensiv blau färbten, viele jedoch auffallend blauviolett, im Gegensatz zu der rein blauen Färbung der ursprünglichen Stärkelösung. Besonders interessant war nun, dass in sehr vielen Tröpfchen der Stärkelösung die Bildung von schön strukturirten Sphären begonnen hatte, wie dies Textfigur 76 in einem relativ ansehnlichen Tröpfchen, das eine ganze Anzahl junger Sphären umschliesst, zeigt. Zwischen den Sphären war hie und da auch etwas unregelmässig globulitisch-wabige Stärkemasse eingestreut. Die Zahl der in einem Tröpfchen gebildeten Sphären war sehr verschieden, je nach dessen Grösse. Recht merkwürdig erschien die Bildung der halben Sphären (s. Fig. 76), auf die später näher einzugehen sein wird. Hieraus folgt also, dass die Stärkesphären sich in den Stärketröpfchen der Gelatine-Stärkeemulsion bilden und dass sie schon auftreten, bevor eine irgendwie nennenswerthe Verdunstung des Gemisches stattgefunden hat. Wie gesagt, waren sie schon reichlich vorhanden, nachdem das ca. 80 ccm betragende Gemisch $^1/_4$ Stunde auf dem Wärmeschrank gestanden hatte. Ihre Bildung kann daher auch nicht eine Folge einfacher Verdunstung der Stärkelösung oder der Stärketröpfchen sein, vielmehr muss dabei die Wirkung der Gelatine auf die Stärkelösung eine Rolle spielen. Man könnte darin eventuell sogar eine Erklärung für die eigenthümliche Thatsache der Emulsionirung der beiden Lösungen suchen, indem ja die Sphärenbildung in den Tröpfchen der Stärkelösung eine grosse Aehnlichkeit mit der Sphärenbildung hat, welche unter geeigneten Bedingungen bei der Einwirkung einer Lösung von kohlensaurem Kali auf eine solche von Chlorcalcium stattfindet (s. oben p. 113); weshalb auch die Vermuthung nicht ganz ungerechtfertigt erscheint, dass ähnlich wie beim Vermischen der erwähnten Lösungen sich auch bei dem der Stärke- und Gelatinelösung sofort eine feine Niederschlagsmembran von Stärke auf der Oberfläche der Tröpfchen der Stärkelösung bildet. Gesehen habe ich davon zwar vorerst nichts, doch beschränken sich meine Erfahrungen bis jetzt auch auf den einen Versuch.



Fig. 76.

Tropfen von Stärkelösung (bei 145° bereitet) in Gelatinelösung. ca. $^1/_4$ h auf Wärmeschrank bei 40°. Zahlreiche Anlagen von Sphären und etwas wabig-globulitische Masse in den Tropfen entstanden. Vergr. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung tief auf die Sphären.

b) Bau der A-Körner.

Aehnlich wie die Calcosphäriten zeigen auch die künstlichen Stärkesphären eine sehr grosse Mannigfaltigkeit des gröberen und feineren Baues, so dass es schwer fällt und sehr ermüden würde, alle vorkommenden Besonderheiten eingehend zu beschreiben. Dies kann um so eher unterbleiben, als die prinzipiellen Bauverhältnisse mit denen der oben eingehender geschilderten Sphäriten und insbesondere denen des kohlensauren Kalks sehr übereinstimmen. Alle besonderen Ausbildungsformen, denen wir dort begegneten, kehren auch hier wieder, vielfach jedoch schöner und geeigneter zum Studium der feinsten Strukturen, so dass sich wohl behaupten lässt, dass gerade diese Stärkesphären besonders günstige Objekte für die Untersuchung und das Verständniss der Sphärenbildung sind. Hierzu eignen sie sich auch deshalb, weil die leicht ausführbare Jodfärbung die Untersuchung der feineren Einzelheiten vielfach erleichtert, indem sie bei vorsichtiger Anwendung die Deutlichkeit der feineren Strukturen vermehrt und gleichzeitig erlaubt, von den Bauverhältnissen Farbenbilder zu erhalten, welche grössere Sicherheit bieten, als die bei enger Blende zu gewinnenden einfachen Strukturbilder.

Im Allgemeinen muss zunächst betont werden, dass das Studium der Amylosphäriten, welches im Laufe der Jahre 1896—97 vorgenommen wurde, meine früheren Erfahrungen über die Bauverhältnisse der Sphärokrystalle durchweg bestätigt und in mancher Hinsicht wesentlich ergänzt und erweitert hat. Dabei darf ich jedoch keineswegs behaupten, dass ich die grosse Mannigfaltigkeit der Formen völlig bewältigt hätte, da die Zeit zum Abschluss dieser schon so lang ausgesponnenen Untersuchungen drängte.

Schon die äussere Form ist ungemein mannigfaltig. Obgleich die grössere Mehrzahl der Sphären nahezu rein kugelig ist, finden sich doch auch ellipsoidische bis längliche und mehr oder weniger unregelmässige. Ebenso sind auch scheibenförmige mit regelmässig kreisförmigem Umriss hie und da vorhanden und gerade diese werden häufig sehr gross, ähnlich wie bei $CaCO_3$. Von überraschender Mannigfaltigkeit sind, wie zu erwarten, die massenhaft vorhandenen zusammengesetzten Sphären, von der einfachen Doppelsphäre bis zur drei- und vierfachen und schliesslich ganzen Aggregaten verwachsener Sphären oder hautartigen Bildungen, welche ähnlich wie beim kohlensauren Kalk aus zusammengewachsenen Sphären aufgebaut sind.

Fig. 77.

A-Körner von Stärke. a drei verwachsene sog. halbe Sphären, deutlich geschichtet; feinere Struktur nicht kenntlich. b Gruppe von vier excentrisch geschichteten Körnern, z. Th. mit Andeutung von kämmeriger Struktur. Obj. 2. Oc. 12. Aequatoriale Durchschnitte.

Unter den A-Körnern finden sich nicht selten auch die eigenthümlichen halben Sphären, von denen Fig. 13 Taf. 22 und Textfig. 77 a eine Vorstellung geben. Häufig treten sie auch in seitlicher Verwachsung als zusammenhängende Gruppen auf, derart, dass die ebenen Abstutzungsflächen aller vereinigten Sphären in eine gemeinsame Ebene fallen. Diese Gebilde erinnern sehr an die von Harting beschriebenen sog. „Conostate“ der Calcosphäriten

(s. dortselbst Taf. 2 Fig. 1 etc. und p. 16). Eine membranartige Erhebung des abgestutzten Randes und eine damit verbundene trichterförmige Aushöhlung dieses Endes der Sphäre habe ich an den betreffenden Stärkegebilden jedoch nie beobachtet. Dagegen scheint mir, dass die Entstehung der halben Sphären die gleiche sein wird, welche Harting für die Conostaten angiebt; d. h., dass sie sich an der Oberfläche der eintrocknenden Flüssigkeit gebildet haben, was naturgemäss nur ein einseitiges Wachsthum nach unten, in die Flüssigkeit hinein, gestattete, während sich die scharf und eben abgeschnittene Abstutzungsfläche in der Flüssigkeitsoberfläche bildete. Der Umstand, dass in dem auf Textfig. 76 abgebildeten Emulsionstropfen solch' halbe Sphären frei im Tropfen liegen, dürfte nicht gegen diese einfache und

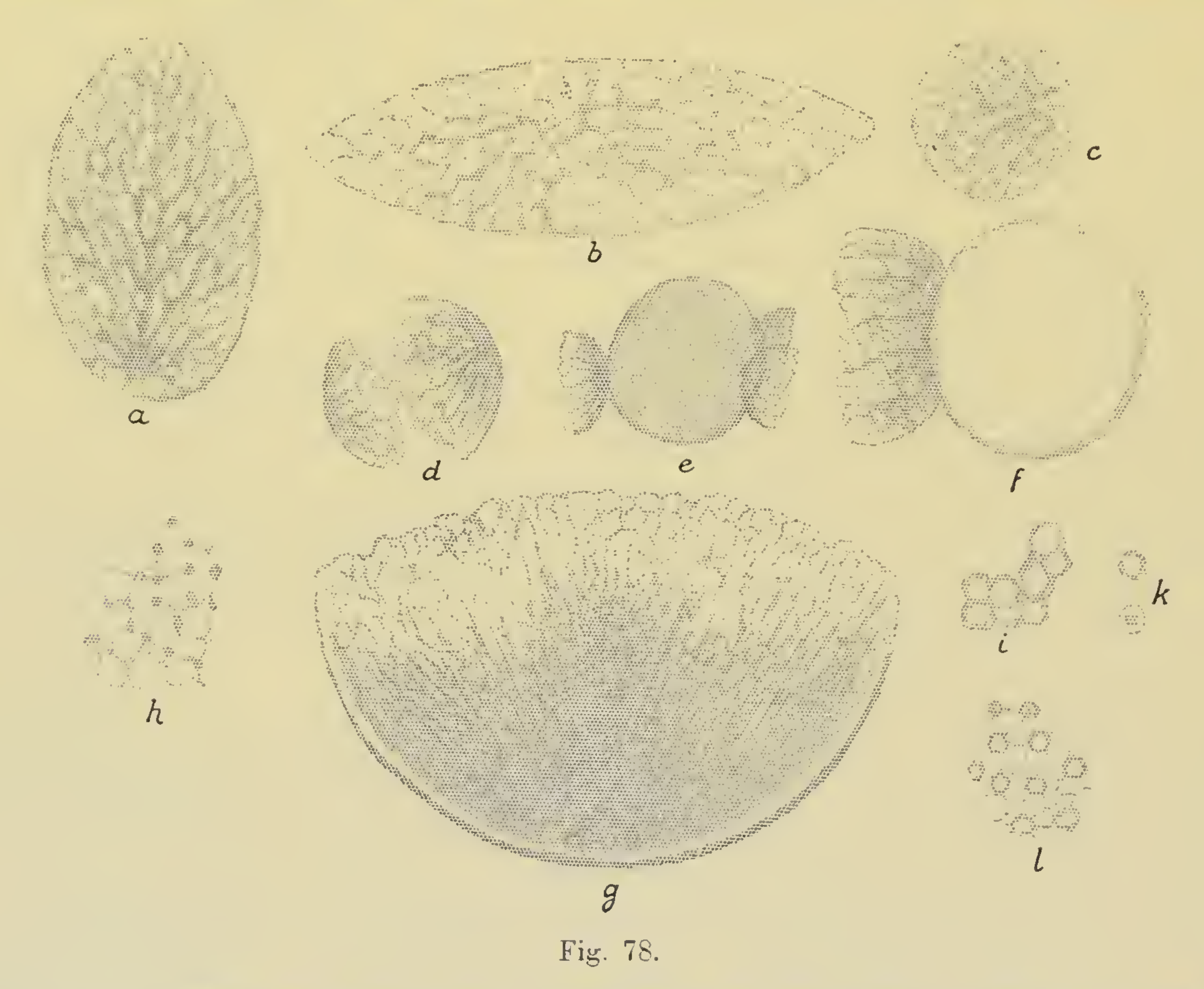


Fig. 78.

A-Körner. a—g Verschiedene kleine, theils vollständige, theils unvollständige Sphären mit grösstentheils deutlicher Wabenstruktur (näheres siehe im Text); h kleine Partie wabig-globulitischer Stärkemasse; i Gruppe verwachsener kleiner Hohlkörperchen; k kleines isolirtes Hohlkörperchen, oben tief, unten hoch eingestellt; l Partie wabig-globulitischer Stärke, deren Knotenpunkte von kleinen Hohlkörperchen wie k gebildet werden. Im Wasser untersucht, meist nach mässiger Jodfärbung. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung auf Struktur überall tief.

natürliche Erklärung sprechen; denn dieses Tröpfchen ist ja nicht mehr in seiner natürlichen Lage und Beschaffenheit, sondern nach der Herausnahme eines Tropfens der Emulsion auf dem Objektträger beobachtet worden, weshalb es möglich ist, dass sich die halben Sphären an der oberen freien Fläche des Tröpfchens gebildet haben, eventuell auch an ebenen Grenzflächen zweier schaumartig zusammenstossender Tropfen.

Eigenthümlicher noch wie die geschilderten halben Sphären sind die auf Textfig. 78 d—g und auf Taf. 22 Fig. 9 dargestellten unvollständigen. Es sind in der Regel relativ kleine Gebilde von kugligem Typus, welche jedoch nicht völlig ausgewachsen sind, sondern nur einen Kugeltheil darstellen. Ihre Oberfläche wird zum Theil von einer ganz regelmässigen grösseren oder kleineren Partie einer

Kugeloberfläche gebildet, welche scharf und dunkel begrenzt ist, während der andere Theil der Oberfläche sich durch Blässe und unregelmässige Begrenzung auszeichnet, sowie schwächer gekrümmt ist als die Kugelfläche oder sogar abgestutzt. Derartige Sphären, auf deren wahrscheinliche Bildungsgeschichte erst weiter unten eingegangen werden kann, finden sich in sehr verschiedenen Graden von Unvollständigkeit bis zur Annäherung an die völlige Kugel; woraus jedenfalls hervorgeht, dass sie Bildungsstadien sind, welche beim Weiterwachsen zu ganzen Kugeln geworden wären. Ferner begegnet man ihnen auch häufig in Verwachsung mit kleineren oder grösseren ganzen Sphären, derart, wie es auf Fig. 9 Taf. 23 und Textfig. 78 e—f abgebildet ist; in welchem Fall sie den ganzen Sphären häufig wie quasten- oder büschelartige Auswüchse ansitzen.

Der Durchmesser der kugeligen einfachen Sphären steigt bis auf 0,04 mm; die mehr scheibenförmigen erreichen dagegen etwa 0,1 mm, und wenn derartig grosse Scheibensphären zu zusammengesetzten Gebilden verwachsen sind, wie dies hie und da vorkommt, so erreichen diese natürlich eine sehr bedeutende Grösse. Andererseits sinken die kleinsten Sphären zu unscheinbaren Anfängen herab, was wir auch beim kohlensauren Kalk und anderwärts begegneten.

Obgleich sich, ähnlich wie bei den Calcosphäriten, auch hier zahlreiche Sphären finden, die anscheinend homogen und strukturlos sind (abgesehen etwa von einem schwachen Schimmer scheinbar feinstgranulösen Wesens, der auch bei diesen Gebilden das Bestehen einer feineren Struktur andeutet), finden sich auch sehr viele, welche bei Untersuchung in Wasser ohne jede weitere Behandlung eine feinere Struktur zeigen. Diese deutlich strukturirten sind durch alle Uebergänge mit den anscheinend homogenen verbunden, wie dies beim $CaCO_3$ gefunden wurde. Hieraus lässt sich schliessen, dass auch die letzteren die gleichen Strukturverhältnisse besitzen dürften, dass sie nur zu fein sind, um wahrgenommen zu werden. Dazu kommt die Erfahrung, dass die Struktur auf verschiedene Weise deutlich gemacht werden kann; so namentlich durch Erhitzen in Wasser, wobei die Sphären nur wenig aufquellen, und durch Behandlung mit Speichel. Da hierbei die Zahl der Sphären mit deutlich erkennbarer Struktur bedeutend zunimmt, so folgt, dass jetzt auch in vielen der anscheinend homogenen Körner die Struktur sichtbar wurde.

Der feinere Bau oder die Struktur der Sphären lässt zweierlei Extreme unterscheiden ähnlich wie beim $CaCO_3$ und anderen Substanzen. Einmal tritt sehr häufig der rein strahlige Typus auf; bei den A-Sphären herrscht er sogar beträchtlich vor. Bei den B-Körnern dagegen, welche auch die feineren Strukturen viel seltener deutlich erkennen liessen, trat er weniger häufig auf. Das zweite Extrem der Bildung ist der rein und fein geschichtete Typus, wie er den natürlichen Stärkekörnern in der Regel eigenthümlich ist. Dieser Bau war bei den A-Körnern im Ganzen seltener rein ausgeprägt; dennoch kam er auch hier recht schön vor (s. die Figg. 7 und 12 Taf. 22 und Textfig. 77), wobei sich gewöhnlich zeigte, dass ganze Gruppen benachbarter oder aggregirter Körner diesen Bau besassen. Hieraus folgt, dass an der Bildungsstätte dieser Körner die Bedingungen zur Entwickelung einer solchen Struktur gegeben waren; wenngleich es nicht möglich ist, diese Bedingungen selbst genauer zu präcisiren.

Zwischen diesen beiden extremen Zuständen finden sich die mannigfachsten

Uebergänge, indem beispielsweise ein im Centrum deutlich strahliges Korn gegen die Oberfläche zu geschichtet wird, oder umgekehrt ein in der Hauptmasse strahliges Korn ein mehr oder weniger deutlich geschichtetes Centrum besitzt.

Sehr häufig gehen auch die reinstrahligen Sphären in gröber geschichtete dadurch über, dass sie in verschiedenen Zonen verschieden dicht ausgebildet sind, also hellere und dunklere Zonen oder Schichten mit einander abwechseln, wie es schon bei den Calcosphäriten beschrieben wurde (s. Taf. 22 Figg. 3, 6, 8, 11). Die grössere Dichte der betreffenden Zonen ergiebt sich leicht daraus, dass sie bei tiefer Einstellung dunkel, bei hoher hell erscheinen, und lässt sich weiterhin auch bei vorsichtiger Jodfärbung nachweisen, da sich die dichteren Schichten natürlich dunkler färben als die weniger dichten. In dieselbe Kategorie gehört endlich auch die bei den strahligen A-Körnern sehr häufige, ja fast regelmässig Erscheinung, dass das Centrum des Kornes von einem dunkleren dichteren Kern gebildet wird, dessen Grösse etwas variabel ist (s. Taf. 22 Figg. 3, 6, 8).

Die genaue Untersuchung der feinen Struktur mit den stärksten Vergrösserungen ergiebt ebenso wie bei den Sphären des $CaCO_3$, des Inulins, der Cellulose etc., dass die Grundstruktur eine w a b i g e ist, der Ausdruck „wabig" zunächst in dem Sinne genommen, welchen ich ihm bei der früheren Besprechung der Sphärokrystalle zuschrieb.

Gehen wir von den kleinsten auffindbaren Elementen aus, so finden wir auch hier häufig die minutiösen hohlen kügelchenartigen Gebilde, welche früher (s. p. 116) beim $CaCO_3$ beschrieben wurden (s. Textfigur 78 i, k). Man beobachtet ferner häufig, dass diese Gebilde in die feinwabige, nichtkrystallinische Stärkemasse eingelagert sind, welche sich zwischen den Sphären vielfach findet und in die zahlreiche Sphären eingeschlossen sind. Es macht sogar den Eindruck, als wenn diese hohlen kügelchenartigen Gebilde nur Masehen des Wabenwerks wären (s. Textfig. 3 l), die sich durch besonders dicke Wände auszeichnen und daher dunkler und stärker lichtbrechend erscheinen. Aggregate solch' kleinster Körperchen, welche sich als kleine wabige, unregelmässige oder regelmässigere Körperchen darstellen, sind gleichfalls nicht selten (Textfig. 78 i).

Untersucht man nun die Struktur der strahligen, kleineren und grösseren Sphären, so lässt sich überall, wo dieselbe einigermassen deutlich ist, feststellen, dass ein wabiger Bau vorliegt, wie wir ihn bei den strahligen Calcosphäriten und ähnlichen Gebilden fanden. Dieser Bau ist bei den kleinen kugeligen, strahligen Sphären, die sich häufig finden, sehr klar zu beobachten, weil hier die Bälkchen des wabigen Gerüstwerkes in der Regel ziemlich kräftig und die Struktur daher gut ausgeprägt ist (s. die Photographien Taf. 21 Fig. 11, Taf. 22 Figg. 2, 3, 4 etc. und die Textfig. 78 a—g). Die Oberfläche derartiger kleiner Sphären ist meist scharf und glatt begrenzt. Sehr häufig findet man unter ihnen Sphären von excentrisch-strahligem Bau (s. Fig. 2 Taf. 22 und Textfig, 78 a, c, g), indem der Ausgangspunkt der Strahlung nicht im Centrum liegt, sondern mehr oder weniger gegen die Oberfläche verschoben ist. Diese Excentricität kann schliesslich soweit gehen, dass der Ausgangspunkt der Strahlung nahezu oder thatsächlich in die Oberfläche rückt.

Die schärfer oder weniger deutlich ausgeprägte strahlige Struktur beruht auf strahliger Anordnung der Kämmerchen und dem schärferen Hervortreten der Gerüst-

bälkchen zwischen den in strahligen Zügen geordneten Kämmerchen. Daher ist auch leicht verständlich, dass es nur geringer Umordnung des zu Grunde liegenden Wabenbaues bedarf, um den strahligen Bau zu verwischen oder deutlicher hervortreten zu lassen. Besonderes Interesse besitzen unter den eben geschilderten kleinen, strahlig gebauten Sphären namentlich auch die hie und da auftretenden ei- bis sogar spindelförmigen (s. die Fig. 11 Taf. 22 und Textfig. 78 a, b), deren feinerer Bau im Prinzip ganz der geschilderte ist. Besonders die seltenen spindelförmigen, mit beiderseits zugespitzten Enden, wie sie die Textfig. 78 b darstellt, sind sehr eigenthümlich und hinsichtlich ihrer Entstehung bis jetzt recht problematisch.

In die Kategorie der oben erwähnten Sphärenbildungen gehören im Prinzip auch die früher besprochenen unvollständigen Sphären (s. Fig. 9 Taf. 22 und Textfigur 78 d—g). Das Charakteristische derselben ist gleichfalls eine entschieden excentrische Strahlung, welche zweifellos durch ein excentrisches Wachsthum bedingt wurde. Während die eine Hälfte der Oberfläche schön kugelig abgerundet, glatt und scharf begrenzt ist, ist die andere Hälfte blass und zart, anscheinend zackig-strahlig begrenzt und weniger gekrümmt. Der feinere Bau ist stets mehr oder weniger strahlig-wabig, wobei das Centrum der Strahlung nahe der Mitte des kugeligen Antheils der Oberfläche liegt oder sogar in dieser. Aus allem geht hervor, dass es sich hier um unausgewachsene kugelige Sphären von sehr excentrischem Bau handelt, deren Wachsthumsbeginn durch das nahezu oberflächlich gelegene Centrum der Strahlung gegeben wird. Der gesammte Bau dieser ziemlich häufigen Sphären legt die Vermuthung nahe, dass sie eventuell in der Weise entstanden seien, dass innerhalb eines der ursprünglichen kleinen Emulsionströpfchen der Stärkelösung, und zwar an einem Punkt von dessen Oberfläche, die erste Anlage der Sphäre geschah und dass von hier aus das strahlige Weiterwachsen der Sphäre in das Tröpfchen hinein erfolgte. Der kugelige Theil der Sphären-Oberfläche verdankte demnach seine Entstehung der kugeligen Oberfläche des Tröpfchens, in dem sich die Sphäre bildete; die nicht kugelige blasse Oberfläche dagegen wäre der im Wachsthum stehen gebliebene Rand. Diese Vermuthung erhält eine Stütze durch seltene Vorkommnisse, wie sie in Textfig. 78 d abgebildet sind. Hier stehen zwei kleine unvollständige derartige Sphären mit ihren blassen unregelmässigen Rändern in direktem Zusammenhang, d. h., sie sind mit diesen zugewandten Rändern zusammengewachsen. Dies wäre nun nicht gerade überraschend; dagegen ist es sehr seltsam, dass die kugeligen Oberflächenpartien beider Sphären einer und derselben Kugelfläche angehören, obgleich sie gar keinen direkten Zusammenhang haben. Die Möglichkeit dieser Bildung liesse sich unter der obigen Voraussetzung am besten begreifen; hier wären nämlich in dem ursprünglichen Bildungströpfchen an zwei entgegenstehenden Punkten der Oberfläche die Anlagen zweier Sphären entstanden, die schliesslich zusammenwuchsen. Auf diese Weise würde sich natürlich leicht erklären, dass die Kugelflächen beider Sphären der gleichen Kugel angehören. Eine Konsequenz der Hypothese wäre dann, dass die kugelige Gestalt dieser kleinen strahligen Sphären von der kugeligen Form der Bildungströpfchen, in denen sie entstehen, bedingt werde.

Eine besondere Bedeutung für die Beurtheilung der feinen Bauverhältnisse der Sphären überhaupt besitzt die Beschaffenheit des blassen und zarten, etwas

zackigen Wachsthumsrandes dieser unvollständigen Sphären, da sein Studium am ehesten Aufschluss über die eigentliche Struktur wird geben können. Ich habe daher diesen Rand an stark mit Jod gefärbten Sphären sehr sorgfältig und mit den stärksten Vergrösserungen studirt und bin, entgegen meinem ursprünglichen Erwarten, zu dem Ergebniss gekommen, dass der Bau dieses Randes sehr eindringlich nicht für einen gerüstartigen, sondern für einen wirklich wabigen Bau spricht.

Wie schon in den früheren Abschnitten über die Sphärenbildung erörtert wurde, lässt sich die thatsächlich zu beobachtende, kämmerig gerüstartige Struktur entweder auffassen als eine globulitisch-krystallitische oder als eine wirklich wabige. Im ersteren Fall müsste sich dies an dem Wachsthumsrand dadurch dokumentiren, dass derselbe in feine, zackig hervorstehende Bälkchen ausliefe, welche hie und da anastomosiren, aber vielfach auch frei dornartig hervorstehen müssten. Bei Voraussetzung eines echt wabigen Baues könnte dies nicht der Fall sein, oder wenigstens nur dann, wenn Verletzungen der Oberfläche stattgefunden hätten; bei intakter Oberfläche müsste sich dagegen ein geschlossener, wenn auch welliger Saum finden, der von den Wänden der äussersten Wabenräume gebildet würde. Bei Anwendung schwächerer Vergrösserungen und ungefärbter solcher Sphäriten scheint nun auch der blasse Rand den Anforderungen des globulitisch-krystallitischen Baues durchaus zu entsprechen; ich erwartete, wie gesagt, auch einen solchen Bau, d. h. einen in freie Bälkchen und Zäckchen auslaufenden Wachsthumsrand zu finden. Die stärksten Vergrösserungen, unterstützt von intensiver Färbung, zeigten jedoch das Gegentheil; sie liessen nämlich sicher feststellen, dass der blasse Rand wellig und geschlossen ist und dass diese Beschaffenheit auf dem Vorspringen der einzelnen feinen Kämmerchen oder Alveolen beruht. Frei auslaufende Bälkchen werden dagegen völlig vermisst (s. die Textfig. 78 f, g und die Photographien Taf. 22 Figg. 4, 9).

Wir werden sehen, dass auch das Studium der sonstigen Sphärengebilde die gleichen Ergebnisse lieferte.

Neben solchen, scharf kugelig begrenzten strahligen Sphären, deren äusserster Randsaum zuweilen sogar von einer etwas dickeren, scharf umschriebenen, pelliculaartigen Grenzlamelle gebildet wird, fanden sich gelegentlich auch kleine unregelmässigstrahlige Sphärenanfänge von unregelmässiger Begrenzung mit blassen Rändern, wie sie Photographie 4 Taf. 22 wiedergiebt. Auch deren genaue Untersuchung ergab, dass der Rand nicht zackig dornig ist, sondern wabig wellig. Ich vermuthe, dass derartige Sphärenanlagen sich eingebettet in der unregelmässig-wabigen Stärke gebildet haben, in der man sie auch eingelagert antrifft.

Die grösseren strahlig gebauten und in der Regel rein kugeligen Sphären, wie sie auf Photographie 6 Taf. 22 bei schwacher, auf Photographie 3 Taf. 22 bei stärkerer Vergrösserung wiedergegeben sind, zeigen meist einen centralen dunklen, kugeligen Kern. Ihr Bau ist bald lockerer bald dichter, d. h., das Gerüst- oder Fachwerk der Kämmerchen bald feiner bald derber, womit denn auch Dichte und optisches Verhalten variiren. Der Uebergang zu anscheinend homogener Beschaffenheit, mit mehr oder minder geringer Andeutung der Strahlung, beruht theils auf der Verfeinerung, d. h., auf Verkleinerung der Kämmerchen, theils auf noch derberer Ausbildung des Fachwerks, d. h., Verkleinerung der Kämmerchenräume.

Die äussere Oberfläche solcher Sphären ist, namentlich wenn ihre Struktur eine lockere und daher gut erkennbare, gewöhnlich etwas unregelmässig rauh und blass, also ganz ähnlich dem eben geschilderten Randsaum der unvollständigen Sphären. Noch mehr wie diese machen derartige Sphären bei schwacher Vergrösserung daher den Eindruck, als wenn sie oberflächlich in zackige krystallitische Fortsätze ausliefen (s. Figg. 3 und 4 Taf. 22). Doch ergiebt das genaue Studium des optischen Durchschnitts der Oberfläche gefärbter Exemplare bei starker Vergrösserung, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass eine unregelmässig wellige Begrenzung derselben Art sich findet, wie an dem blassen Randsaum unvollständiger Sphären. Es ist mir ferner sehr wahrscheinlich, dass alle derartigen Sphären ursprünglich in unregelmässig wabige Stärkemasse eingebettet waren, in der man sie in grossen Mengen antrifft. In diesem Fall bildet die umgebende wabige Masse einfach die direkte Fortsetzung der Sphären, welch' letztere sich von ihr nur durch etwas grössere Dichte und den regelmässigeren Bau auszeichnen. Dann erklärt sich leicht, dass isolirte derartige Sphären, welche wahrscheinlich meist durch Zerfall der sie einhüllenden wabigen Stärke frei geworden sind, eine mehr oder weniger unregelmässige Oberfläche zeigen müssen.

Neben solchen Sphären mit blasser, unscharf umrissener Oberfläche finden sich häufig auch andere, deren Oberfläche ganz scharf und glatt und im Allgemeinen kugelig begrenzt ist. Diese Begrenzung bildet sich derart, dass in der Regel eine oder einige äusserste Schichten lockerer und aus im Allgemeinen radiär gerichteten Kämmerchen gebildet werden, die durch eine etwas dichtere und bei tiefer Einstellung stark dunkle Grenzlamelle nach Aussen abgeschlossen sind. Auf solche Weise kommt es, dass diese Sphären mit scharf und glatt umrissener Oberfläche in der Regel eine äusserste dunklere Grenzlamelle besitzen und darunter einen lichteren radiärgestreiften Saum, der lebhaft an einen Alveolarsaum erinnert (siehe Fig. 11 Taf. 22). Man hat vielfach Gelegenheit, Sphären zu beobachten, bei welchen diese äusserste abschliessende Schicht unvollständig ausgebildet ist; doch wird zu beachten sein, dass dies zum Theil darauf beruhen kann, dass solche Sphären mit schwach ausgebildeter äusserer Begrenzung aus der umhüllenden wabigen Stärke, in die sie ursprünglich eingebettet waren, herausgerissen und die Grenzschichten dabei theilweise zerstört wurden.

Wenn oben bemerkt wurde, dass die äussere Oberfläche der abschliessenden Grenzlamelle glatt und scharf ist, so bedarf dies noch etwas näherer Erläuterung. Zwar trifft man nicht selten Sphären mit fast ganz glatter Oberfläche, selbst bei Untersuchung mit den stärksten Vergrösserungen. In der Regel ist die Oberfläche der Grenzlamelle jedoch ein wenig rauh, indem sie schwache knötchenartige Verdickungen zeigt. Im Allgemeinen rühren diese Rauhigkeiten von den knötchenartigen Verdickungen her, die an den Stellen der Grenzlamelle bestehen, wo die radiären Fachwände der äusseren Schicht sich ansetzen. Andererseits ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Sphären grossentheils in der wabigen Stärkemasse eingelagert waren und daher nach ihrer Isolirung keine ganz glatte Oberfläche zeigen können, da sie zweifellos in die wabige Stärke direkt übergingen.

Häufig kann man sich auch in der Flächenansicht von dem wabigen Bau der erwähnten äussersten Schicht solcher Sphären überzeugen. Photographie Fig. 13 Taf. 22

zeigt das oberflächliche Bild einer halben Sphäre, die innerlich wenig Struktur darbot, bei tiefer Einstellung. In der Mitte ist das richtige tiefe Wabenbild zu sehen, während dasselbe gegen die abfallenden Ränder der Sphäre in das falsche hohe, engere Netzbild übergeht, da hier höhere Einstellung der gekrümmten Oberfläche eintritt.



Fig. 79.

Stärkesphäre (A). Die Sphäre zeigt wenig Struktur; äusserlich zwei unvollständige, sehr deutliche Wabenschichten. Obj. 2. Oc. 12. Optischer Durchschnitt. Einstellung auf Struktur tief.

Interessant und wichtig für den wabigen Aufbau und die Bildung der äussersten Schichten ist ferner die in nebenstehender Textgur 79 abgebildete Sphäre. Dieselbe zeigt wenig Struktur, abgesehen von zwei unvollständigen äussersten Schichten von Waben. Das Bild erinnert daher auffallend an ähnliche, beim kohlensauren Kalk beobachtete Zustände, von denen einer auf Textfigur 47 p. 127 abgebildet wurde.

Dass der strahlige Bau der Sphären in seinen verschiedenen Modifikationen auf strahliger Anordnung der Kämmerchen beruht, ist an einigermassen günstigen Objekten und bei hinreichender Vergrösserung bestimmt zu sehen (siehe die Photographie Taf. 22, Fig. 2, 3, 8). Geradezu auffallend ist die weitgehende Uebereinstimmung dieser strahlig-wabigen Struktur mit der durch direkte Zugwirkung hervorgerufenen strahligen Umformung echter Gerinnungsschäume, wie sie bei der Gelatine früher geschildert wurden. Konsequenzen hieraus zu ziehen, dürfte vorerst noch verfrüht erscheinen, obgleich ich vermuthe, dass sie kaum abzuweisen sein werden.

Besonders interessant ist ferner das Verhalten der lockereren und schön strahlig strukturirten Sphären beim Zusammenwachsen zu Aggregaten. Hierbei treten Erscheinungen auf, wie wir sie schon an flachen, schön strukturirten Inulinsphären beobachten konnten. Beim Zusammenwachsen zweier lockerer strahliger Sphären mit blasser, unscharfer Oberfläche bildet sich nämlich sehr gewöhnlich eine gut entwickelte ebene und etwas dickere Grenzlamelle in der Zusammenwachsungsebene (s. Photographie 5 Taf. 22 u. 13 Taf. 21), zu welcher sich die angrenzenden Kämmerchen im Allgemeinen senkrecht ordnen. Die bei tiefer Einstellung dunkle Grenzlamelle wird daher jederseits von einer alveolarsaum-artigen Lage begrenzt, die auch gewöhnlich etwas lockerer gebaut und daher lichter ist als die übrige Sphärenmasse. Wenn gleichzeitig eine grössere Anzahl Sphären zu einem Aggregat verwachsen, so bilden sich in der Regel allseitig auf den Zusammenwachsungsflächen solch' ebene Grenzlamellen aus, in Folge dessen die zusammengewachsenen Sphären polygonale Umrisse erhalten (Taf. 22, 5). Die Winkel dieser Polygone betragen, soweit ich mich durch einige Messungen an den Photographien überzeugte, annähernd 120°, jedoch finden sich erhebliche Abweichungen von dieser Zahl, weshalb ähnlich wie beim Inulin (s. p. 89) kaum anzunehmen ist, dass sie stets 120° haben. Wie oben bemerkt, sind die an die Grenzlamellen stossenden Waben senkrecht zu diesen gerichtet, was bei der mikroskopischen Untersuchung stets sehr deutlich erscheint. Auf den Photographien

tritt es in der Regel etwas weniger klar hervor, wie die Figuren 13 Taf. 21 und 5 Taf. 22 zeigen. Diese Unregelmässigkeit scheint, wie die Photographie Taf. 22 Fig. 5 lehrt, hauptsächlich darauf zu beruhen, dass die Grenzlamelle selbst häufig etwas dicker wird und dann ihrerseits wabig gebaut ist. In diesem Fall bildet sie eine einfache, aus dickwandigeren und daher dunkleren Waben aufgebaute Schicht oder Lamelle von der Art, wie wir sie im Aufbau der gut geschichteten Sphärokrystalle häufig auftreten sahen, und wie sie auch bei den natürlichen Stärkekörnern eine wichtige Rolle spielen.

Schon oben wurde hervorgehoben, dass fein geschichtete, also den natürlichen Stärkekörnern entsprechend gebaute Sphären nicht allzu häufig sind. Immerhin finden sie sich hie und da recht schön entwickelt. Es sind dies gleichzeitig meist ziemlich grosse, häufig auch etwas elliptische Sphären, von ziemlich dichter, stark lichtbrechender Beschaffenheit (s. die Figg. 7 und 12 Taf. 22). Dass sie zum Theil auch excentrisch geschichtet vorkommen, zeigt die Textfig. 77 b, welche gleichzeitig den Grund der Excentricität leicht erkennen lässt. Da, wie gesagt, derartig fein geschichtete Sphären meist sehr dicht sind, so ist ihre Struktur entsprechend fein, sehr blass und nur schwierig sichtbar. Immerhin giebt das, was auf den Figuren 7 und 12 Taf. 22 von der Struktur erscheint, die sichere Ueberzeugung, dass die feinen Schichten, wie bei den ähnlich gebauten Sphärokrystallen, die wir früher studirten, theils von einer, theils von wenigen Lagen der Wabenräumchen gebildet werden, und dass im Allgemeinen die Nachbarwände der Wabenräumchen einer Lage radiär gerichtet sind, aber in den aufeinanderfolgenden Schichten alterniren oder doch nicht direkt in einander übergehen. Wir begegnen also hier dem feinen Bau, welchen ich 1893 zuerst für die natürlichen Stärkekörner schilderte, und welcher im Folgenden eingehender begründet werden soll. Fig. 12 Taf. 22 zeigt namentlich auch das schon oben erwähnte, bei grösseren Körnern mit glatter Oberfläche häufige Verhalten, dass die Oberfläche von einer einfachen Schicht radiär gerichteter Wabenräumchen gebildet wird, die aussen von einer relativ dicken und daher bei tiefer Einstellung dunklen Grenzlamelle begrenzt wird. Speziell am rechten oberen Rand des Korns ist dies gut zu erkennen. Diese, selbst bei sonst wenig strukturirten Sphären häufig gut ausgebildete alveolarsaumartige Lage bedingt es ferner, dass bei dergleichen Sphären, die wenig von innerer Struktur zeigen und eine ganz glatte scharfe Oberfläche besitzen, doch bei scharfer Einstellung auf die Oberfläche eine unverkennbare Wabenstruktur nicht selten hervortritt, wie sie oben geschildert wurde.

Bei dieser Gelegenheit sei noch bemerkt, dass auch die kleineren und grösseren strahlig gebauten Sphären mit glatter oder unregelmässiger Oberfläche, bei Einstellung auf die Oberfläche und sonst günstigen Bedingungen, die gleiche Wabenstruktur gut erkennen lassen, zur Bestätigung dessen, was oben über den wabigen Bau dieser Gebilde angegeben wurde.

Zur weiteren Prüfung der richtigen Deutung der wabigen Struktur der Stärkesphären, welche aus der mikroskopischen Untersuchung gefolgert wurde, stellte ich einige Versuche über ihre Austrocknung aus Xylol im Vakuum an. Dabei werden die meisten Sphären wegen totaler Gaserfüllung der Hohlräumchen vollkommen undurchsichtig. Wurde darauf in geschmolzenem Kanadabalsam eingebettet, so wurde die

Gaserfüllung aus den meisten Sphären wieder verdrängt und diese daher bis nahezu zum Verschwinden durchsichtig; dennoch erhielt sich theilweise Gaserfüllung in einer Anzahl Sphären. Die sich dabei ergebenden Bilder entsprachen durchaus denen eines gaserfüllten feinsten Wabenwerks, wie sich namentlich an den Rändern der gaserfüllten Partien zeigte, wo einzelne zerstreute gaserfüllte Hohlräumchen häufig vorkamen. Auf Taf. 21 Fig. 12 ist eine solche, grossentheils gaserfüllte, geschichtete Sphäre abgebildet, welche den Wabenbau gut zeigt. Ihre äussere, nicht gaserfüllte Region ist bis auf eine schwache Andeutung des Grenzkonturs in der oberen Partie ganz unsichtbar. Namentlich an der Grenze gegen diese Region ist der Wabenbau sehr deutlich, da hier nur eine dünne Schicht gaserfüllter Waben vorliegt. — In vieler Hinsicht noch charakteristischer ist die auf Taf. 22 Fig. 10 wiedergegebene Partie (Vergr. 800); hier handelt es sich um eine jener grossen flachen, zusammengesetzten Sphärenscheiben, wie sie zuweilen vorkommen; dieselbe ist im Innern grossentheils dicht gaserfüllt geblieben, so dass sie hier fast ganz undurchsichtig war. Die äussere balsamerfüllte Zone war so durchsichtig, dass der äussere Grenzkontur nur stellenweise und kaum erkennbar hervortrat. Auf der Grenze der gaserfüllten Partie, von welcher Fig. 10 ein kleines Stück darstellt, ist auf das Schönste zu sehen, dass es sich um gaserfüllte kleinste Hohlräumchen handelt, die sich zum Theil ganz isolirt und eingesprengt in die hyaline Randpartie erhalten haben.

c) Bau der B-Körper (aus der durch Kochen hergestellten Lösung von 2 gr Weizenstärke mit 100 gr Wasser).

Im Allgemeinen sind die Bauverhältnisse dieser zuerst dargestellten Sphären, über die ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung (1896) kurz berichtete, im Prinzip

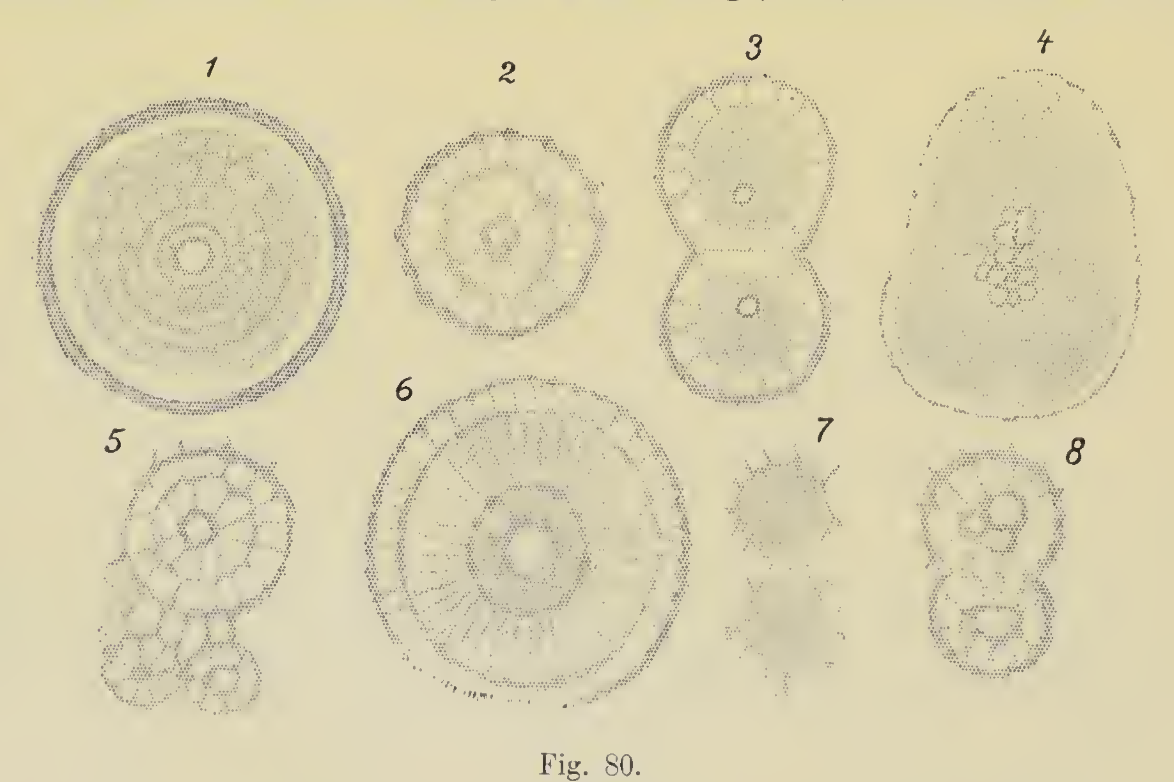


Fig. 80.

Verschiedene B-Körner. Obj. 2. Oc. 12. 1—3 ca. ½ h. in H_2O auf 100° erhitzt; 4—6 nach Speichelbehandlung, bei 6 scheint die äusserste Schicht theilweise gelöst zu sein; 7 kleine mit dornigen Auswüchsen bedeckte, jedenfalls aus wabiger Stärkemasse herausgerissene Körner; 8 kleines Doppelkorn in Wasser.

dieselben, wie sie bei den A-Körnern geschildert wurden. Die Mannigfaltigkeit der Form und Verwachsung ist hier ähnlich gross, wie aus den Textfiguren (80 u. 81) her-

vorgeht. Im Allgemeinen blieben jedoch diese Körner etwas kleiner als die A-Sphären und zeigten im Gegensatz zu diesen häufiger den feingeschichteten Typus als den strahlig-wabigen. Bei Untersuchung der unveränderten Körner in Wasser liess sich in der Regel nur wenig von feinerer Struktur erkennen, da sie sehr homogen erscheinen. Nur tritt schon häufig hervor, dass sich im Centrum ein dunkelgerandetes Bläschen oder eine kernartige grössere bis kleinere Gruppe solcher findet (80 4, 81 3) eine Erscheinung, die bei den A-Körnern nur selten war. Es handelt sich hier jedenfalls um solch' hohle bläschenförmige Körperchen, resp. um Aggregate solcher, wie wir sie als erste Anfänge von sphärokrystallinischen Bildungen oben geschildert haben

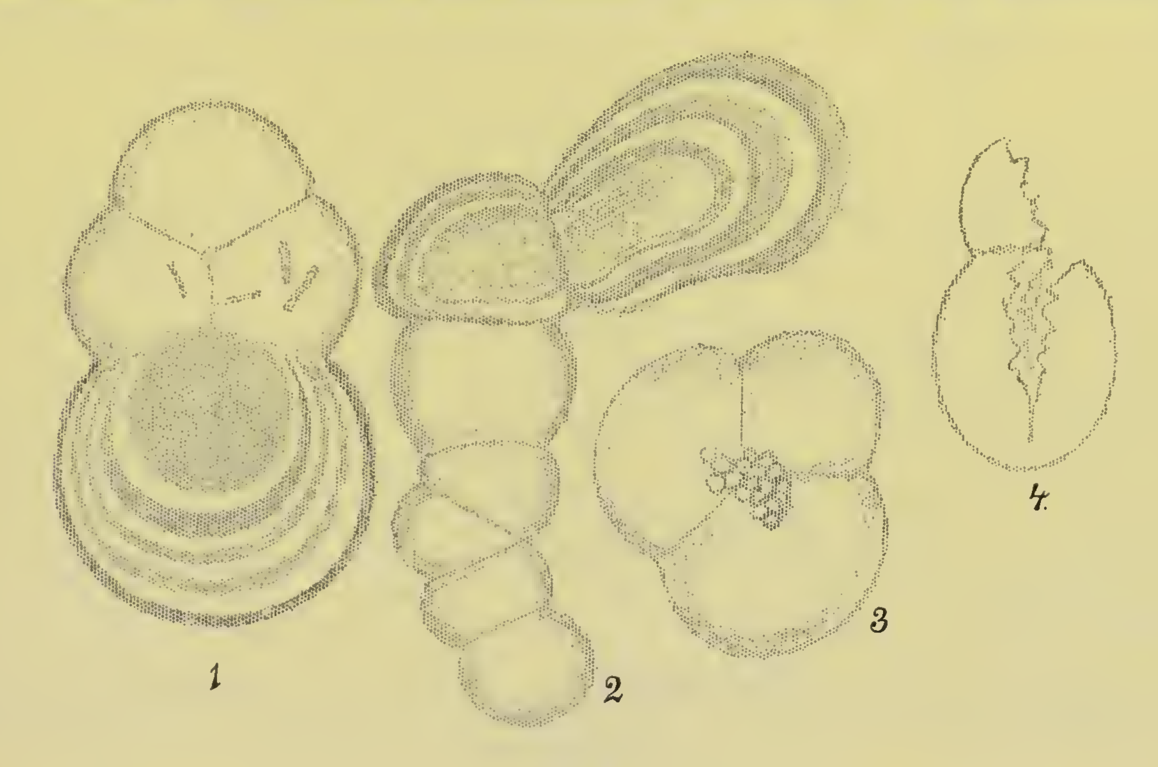


Fig. 81.

Verschiedene zusammengesetzte B-Körner. Obj. 2. Oc. 12. 1. Nach Erhitzung in Wasser auf 113°. — 2. Nach 1 h Kochen in Wasser. — 3—4. Nach mehrtägiger Behandlung mit Speichel, 4 deutlich angefressen.

(s. Textfig. 79 i). Uebrigens finden sich auch nicht wenige B-Sphären, denen solche Centralbläschen fehlen.

Die Schichtung und sonstigen Strukturen, wie sie auf den Textfiguren und der Photographie Fig. 4 Taf. 19 dargestellt sind und die nach dem früher über die A-Sphären und über den Bau der Sphärokrystalle Angegebenen keiner besonderen Erläuterung bedürfen, treten in der Regel erst deutlich hervor, wenn die Körner einige Zeit in Wasser gekocht, mit Speichel oder Malzauszug behandelt werden. Wie gesagt, bedürfen die Figuren kaum einer eingehenden Erläuterung; ich bemerke nur, dass eine äusserste dichte und dunkle Grenzlamelle (s. Textfig. 80 1) sich häufig, jedoch durchaus nicht immer findet.

d) Verhalten der A- und B-Körner im polarisirten Licht.

Beiderlei Körner polarisiren gut und verhalten sich wie **positive** Sphären, also wie die natürlichen Stärkekörner. Ihre Polarisation ist jedoch schwächer als die der natürlichen Stärkekörner, wozu bei den A-Körnern die häufig relativ lockere Struktur beitragen wird. Die Intensität der Polarisation variirt bei den verschiedenen

Körnern ziemlich, wie das Farbenbild mit dem Gypsplättchen (1. O.) ergiebt. Ohne Gypsplättchen erscheint ein gut entwickeltes orthogonales Kreuz (s. Textfig. 82) jedoch immer mit der Modifikation, dass zwei gegenüberstehende Quadranten etwas auseinandergerückt und dunkler sind als die beiden alternirenden; diese beiden dunkleren Quadranten sind bei allen Körnern gleich gelagert und zwar so, dass sie rechts oben und links unten liegen, wenn die Polarisationsebene des Polarisators von rechts nach links gerichtet ist. Wir sind dieser Modifikation des Kreuzes schon mehrfach begegnet, bei den Cellulosesphären, den Luftblasen in Gelatine, und werden sie auch bei den Stärkeskeleten wieder finden.

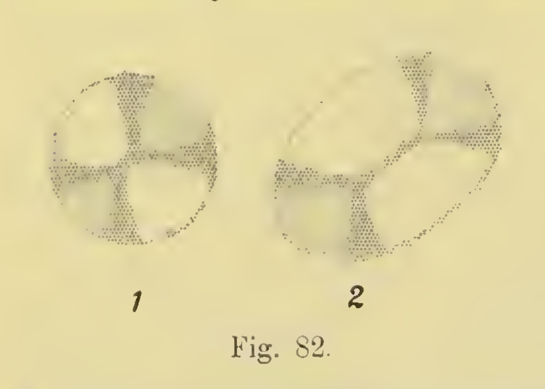


Fig. 82.

A-Körner. In H_2O zwischen gekreuzten Nicols. Obj. 2. Oc. 4.

Bei Untersuchung mit schwachen Vergrösserungen bemerkt man aus den angegebenen Gründen in der Regel nur die Abwechselung der hellen und dunklen Quadranten; das Kreuz lässt sich von den angrenzenden dunklen Quadranten erst bei stärkerer Vergrösserung unterscheiden und auch dann nicht immer scharf, namentlich bei den kleinen Körnern. Auffallender Weise zeigten die ersthergestellten B-Körner ursprünglich ein ganz normales orthogonales Kreuz, worauf sich die Angabe in meiner vorläufigen Mittheilung stützte; später fand ich sowohl an ihnen als an allen neu hergestellten Körnern die Erscheinung immer in der oben geschilderten Weise.

e) Verhalten der Körner beim Erhitzen in Wasser und Quellung in Wasser überhaupt.

In der vorläufigen Mittheilung berichtete ich hinsichtlich der B-Körner, dass selbst bei anhaltendem Kochen in Wasser keine Verkleisterung eintritt und weiter: „dass hierbei eine mässige Quellung ohne Deformation stattfindet, halte ich zwar für wahrscheinlich, obgleich ich es nicht durch direkte Messung feststellen konnte“. Arthur Meyer findet nun in seinem kritischen Referat (1896, p. 334), dass die von mir dargestellten „Gebilde durchaus verschieden von den Stärkekörnern“ sind. „Der wichtigste Unterschied zwischen beiden besteht darin, dass Bütschli's Gebilde keine Lösungsquellung zeigen.“

Dieser Ausspruch weist zunächst etwas zurück, was ich keineswegs behauptet habe, nämlich die Identität der von mir hergestellten Sphärokrystalle mit den natürlichen Stärkekörnern. Da ich den eben angeführten Unterschied zwischen den beiderlei Gebilden klar erkannte und betonte, so konnte ich natürlich nicht zur Behauptung gelangen, dass ich Körper dargestellt habe, die den natürlichen Stärkekörnern gleichwerthig seien; ich habe vielmehr nichts weiter behauptet, als „dass es sich um Sphärokrystalle einer Modifikation der Stärke handle“ (p. 12) und ferner, dass sie sich vermuthlich als „eine Mischung von sehr viel α-Amylose und wenig β-Amylose auffassen lassen“ (p. 14). Dass diese Anschauung im Wesentlichen richtig, dagegen die Meyer'sche Auslegung ihrer Natur ganz irrig ist, werde ich im Verlaufe dieser Arbeit wohl genügend zu zeigen vermögen. Andererseits enthält jedoch der obige Ausspruch Meyer's über die mangelnde

„Lösungsquellung" meiner künstlichen Stärkekörner auch eine positive Unrichtigkeit. Um diese darzulegen, ist es nöthig, mit einem Wort auf das einzugehen, was Meyer unter Lösungsquellung versteht. Er unterscheidet bei den natürlichen Stärkekörnern zwei Arten von Quellung: erstens die schwache Quellung, die bei Wasserzusatz an trockenen Körnern eintritt und die sich nach ihm auch bei anderen porösen Sphärokrystallen ähnlich finden soll; diese Quellung nennt er Porenquellung und ist der Meinung, dass sie nur auf Erfüllung der feinen Poren zwischen den trichitischen Elementen der Körner durch Flüssigkeit beruhe, was ein Auseinanderdrängen dieser Elemente bewirke. „Lösungsquellung" dagegen nennt er das auffallend starke Quellen, welches in Wasser bei einer bestimmten höheren Temperatur eintritt, oder in gewissen Salzlösungen und Chloralhydratlösung bei gewöhnlicher Temperatur. Auf die hypothetischen Vorstellungen Meyer's über die Vorgänge bei dieser Lösungsquellung braucht hier nicht näher eingegangen zu werden; das Thatsächliche besteht ja doch nur in der sehr hochgradigen Quellung im letzteren Fall und der sehr geringfügigen im ersteren. Dass die starke sog. Lösungsquellung wirklich auf theilweiser Lösung beruht, halte auch ich für sehr wahrscheinlich, jedoch in anderem Sinne als dies Meyer meint, der auch bei der Lösungsquellung keine Auflösung der Stärke annimmt, sondern eine Lösung des Quellungsmittels in der β-Amylose, unter Bildung zähflüssiger Tröpfchen von amylosiger Wasserlösung.

Es wurde oben bemerkt, dass es unrichtig ist, wenn Meyer den künstlichen Stärkesphären die Lösungsquellung abspricht; denn wenn sie auch keine solche in heissem Wasser zeigen, so habe ich doch schon in meiner vorläufigen Mittheilung berichtet, dass die B-Körner in 2% Kalilauge und in den beiden bekannten Quellungsmitteln der natürlichen Stärkekörner, nämlich in konzentrirten Lösungen von Chlorcalcium und Chloralhydrat, sehr stark quellen.

Einige Untersuchungen ergaben nun, dass sowohl die getrockneten A- als die B-Körner beim Befeuchten mit Wasser verhältnissmässig erheblich quellen. Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass man die aus Wasser oder 70% Alkohol kommenden Körner auf dem Objektträger bei 54° im Wärmeschrank auftrocknete, darauf ein unterstütztes Deckglas auflegte und ein passendes grösseres Korn mit dem Okularmikrometer einstellte. Alsdann wurde Wasser zugegeben und das vergrösserte Korn wieder gemessen. Die aufgetrockneten Körner haften fest genug am Objektträger, um auch Reagenzienbehandlung zu ertragen, wie wir gleich sehen werden. Nachfolgend die Uebersicht der Ergebnisse einiger Versuche, die ich nicht weiter ausdehnen konnte, da die Zeit zum endlichen Abschluss der mehrjährigen Untersuchungen drängte.

A-Körner bei 54° getrocknet.

	trocken	nach Zusatz von Wasser	auf Wasserbad erhitzt
1.	24 μ	32 μ	33,2 μ
2.	32 μ	44 μ	48,8 μ
3.	28 μ	35 μ	
4.	24 μ	36 μ	
5.	26 μ	38 μ	

B-Körner bei 54° getrocknet.

trocken	nach Zusatz von Wasser	bis 80° erhitzt
10 μ	16 μ	
10,5 μ	14 μ	17 μ

Aus diesen Erfahrungen folgt, dass die bei 54° kurze Zeit getrockneten A-Körner durchschnittlich eine lineare Aufquellung von 40%, die B-Körner sogar eine von ca. 50% erfahren; doch geben die wenigen Versuche hier geringere Sicherheit. Jedenfalls ist die Quellung bedeutend erheblicher als die der natürlichen Arrow-root-Stärkekörner, welche ich zum Vergleich heranzog. Diese ergaben bei demselben Verfahren folgendes:

Arrow-root-Körner bei 54° getrocknet (längere Achse).

	trocken	nach Zusatz von Wasser
1.	36 μ	38 μ
2.	42 μ	44 μ
3.	36 μ	40 μ

Demnach im Durchschnitt 10% Aufquellung, was recht gut mit den Erfahrungen W. Nägeli's übereinstimmt, der beim Befeuchten „ganz lufttrockener Kartoffelstärkekörner" eine Vergrösserung von 11 bis 12% beobachtete (p. 25). Wie aus obigen Angaben folgt, wird die Quellung der A- und B-Körner durch Erhitzen auf 100° noch etwas, wenn auch nicht erheblich, gesteigert; doch tritt dabei nie das kolossale Quellen auf, welches die natürlichen Stärkekörner zeigen, vielmehr verhalten sich die Körner selbst bei mehrstündigem Kochen auf dem Wasserbad ganz intakt, wenn sie auch etwas blässer werden. Sie bewahren dabei einerseits ihre feste, brüchige Beschaffenheit, wie sich bei Druck deutlich zeigt, und andererseits ihr Polarisationsvermögen, wenn sich dies vielleicht auch ein wenig vermindern mag, was sehr schwierig zu beurtheilen ist. — Eine geringe Zunahme der Quellung beim Erhitzen in Wasser zeigt sich bei den A-Körnern fast regelmässig auch darin, dass dabei im Centrum radiale Risse auftreten, die häufig als ein einfacher Querriss erscheinen, häufiger noch als drei, unter nahezu gleichen Winkeln vom Centrum ausgehenden Rissen (s. Textfig. 83 1, p. 269), seltener dagegen als zahlreichere ausstrahlende Spalten. Es sind dies die gleichen Rissbildungen, welche auch bei den natürlichen Stärkekörnern so häufig vorkommen und bei deren Lösungsquellung ganz gewöhnlich auftreten. In den B-Körnern traten solche Risse beim Erhitzen in Wasser seltener auf, regelmässig dagegen beim Aufquellen in verdünntem Kali, wie später zu erörtern sein wird.

Untersucht man Körner, die längere Zeit in Wasser auf dem Wasserbad erhitzt wurden, in der angegebenen Weise, so findet man eine beträchtliche Abnahme der Quellungsfähigkeit der aufgetrockneten Körner, wie folgende Tabelle ergiebt.

A-Körner ($1^1/_2$ h in Wasser auf 100° erhitzt) bei 54° getrocknet.

trocken	nach Zusatz von Wasser	kochendes Wasser
30 μ	32,8 μ	
16 μ	18 μ	19 μ
32 μ	36 μ	
224 μ	240 μ	252 μ [1])

B-Körner (1 h in Wasser auf 100° erhitzt) bei 54° getrocknet.

trocken	nach Zusatz von Wasser
12 μ	14 μ
10 μ	12,5μ

Hieraus ergiebt sich für die A-Körner noch ca. 8 %, für die B-Körner dagegen 20 % Quellung, also jedenfalls eine beträchtliche Herabminderung. Dass dies auf dem Herauslösen eines in Wasser löslichen, wenn auch nur in geringer Menge vorhandenen Stoffes beruht, scheint mir sehr wahrscheinlich.

Bei den B-Körnern wurde das Verhalten beim Erhitzen mit Wasser zu höheren Temperaturen genauer untersucht. Die Ergebnisse habe ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung so ausführlich berichtet, dass ich hier das dort (p. 9) Gesagte wiederhole. „Um den Einfluss höherer Temperatur zu studiren, wurden eine Reihe von Versuchen in zugeschmolzenen Röhrchen gemacht. Nach Erhitzung auf 113° waren die Körner nicht viel mehr verändert“ (d. h. als bei 100°), „vielleicht etwas blässer. Dagegen war bei dieser Temperatur jede Spur der lamellösen Stärke“ (nämlich der wabigen Stärkemassen) „verschwunden, d. h. zweifellos vollständig in Lösung gegangen. Auf diese Weise bietet sich also eine Methode, um die Körner von jenen Beimengungen lamellöser Stärke zu befreien und ganz rein zu erhalten. Bei Erhitzung auf 125—130° wurde die Flüssigkeit, welche durch die suspendirten Körner getrübt war, sehr klar, so dass eine Verquellung oder Verkleisterung eingetreten zu sein schien. Die Temperatur wurde hierauf noch weiter auf 135° gesteigert und dann untersucht. Abgesehen von der vermehrten Blässe, d. h. der Verringerung der Brechung, zeigte sich jedoch keine wesentliche Veränderung, namentlich keine Verquellung in der Art, wie sie die gewöhnlichen Stärkekörner darbieten.“

---

1) Eine der grossen zusammengesetzten Sphärenscheiben, wie sie oben p. 253 erwähnt wurden.

„Eine auf 146° erhitzte Probe war vollkommen klar und durchsichtig geworden, dennoch fanden sich bei näherer Untersuchung noch sehr viele ganz blasse Körner, die jedenfalls nur wenig vergrössert waren. Immerhin schien bei dieser Temperatur eine erheblichere Quellung eingetreten zu sein, da nicht wenige Körner zu blasigen Gebilden mit hellem Innern geworden waren, ohne aber dabei wesentlich deformirt worden zu sein. Es schien übrigens, als ob die Körner bei dieser Temperatur schon theilweise geschwunden wären, da sie an Menge entschieden abgenommen hatten. Bei Erhitzung auf 167° schliesslich war die Flüssigkeit ganz klar, jedoch etwas gelbbräunlich geworden. Jetzt war jede Spur der Körner verschwunden. Die Lösung nahm bei vorsichtiger Jodbehandlung eine indigoblaue Farbe an. Auch beim Kochen der Körner mit Wasser zeigt die über ihnen stehende Flüssigkeit mit Jod eine schön blaue Farbe; wegen der Beimengung der lamellösen Stärke lässt sich daraus jedoch nicht sicher entnehmen, ob schon bei dieser Temperatur Substanz der Körner gelöst wird.“ Die letztere Erfahrung wurde auch bei den A-Körnern bestätigt; doch färbte sich die Flüssigkeit über den 1 1/2 Stunde auf dem Wasserbad mit Wasser erhitzten Körnern mit Jod relativ schwach und gab bei Zusatz von 96% Alkohol nur eine schwache Trübung. Gegenüber dem oben, nach der vorläufigen Mittheilung Bemerkten scheint mir doch sehr wahrscheinlich, dass auch bei anhaltendem Erhitzen auf 100° schon eine geringe Lösung eintritt; hierfür spricht das Blässerwerden der Körner, das jedoch bei den A-Körnern geringer ist als bei den B-Körnern.

f) Quellung in Kali, Chlorcalcium, Chloralhydrat und Salzsäure.

Ueber die Einwirkung der Kalilauge auf die B-Körner habe ich schon in dem vorläufigen Bericht Nachfolgendes mitgetheilt. „Kalilauge von 35% löst die Körner momentan auf. Eine Lauge von 2% dagegen ruft sofort in fast sämmtlichen Körnern die Bildung radiärer, vom Centrum ausgehender Rissbildungen hervor, so dass jedenfalls ein momentanes Aufquellen statt hat (s. Textfig. 83 1). Dieselbe Erscheinung tritt auch schon bei Zusatz von viel verdünnterer Lauge hervor und ist daher in obigem Fall nur eine Wirkung der verdünnten Lauge. Kommt die 2% Lauge zu voller Wirkung, so sieht man die äussere Schicht der Körner zu einem blassen Mantel stark aufquellen, der jedoch bald seine scharfe Grenze nach aussen verliert und daher allmählich gelöst zu werden scheint (ähnlich Textfig. 83 2). Der anfänglich unveränderte Theil des Kornes, welcher von diesem Mantel umschlossen wird, erfährt fortschreitend die gleiche Umbildung, wird daher immer kleiner und schwindet schliesslich völlig. Immerhin kann ich auf Grund meiner bis jetzt noch nicht ausreichenden Erfahrungen nicht bestimmt sagen, ob die Körner bei diesem Vorgang wirklich gelöst oder nur bis zur Unkenntlicheit verquellt werden. Die mit sehr verdünntem Kali behandelten trockenen Körner quellen um ca. 1/3 ihres Durchmessers auf.“

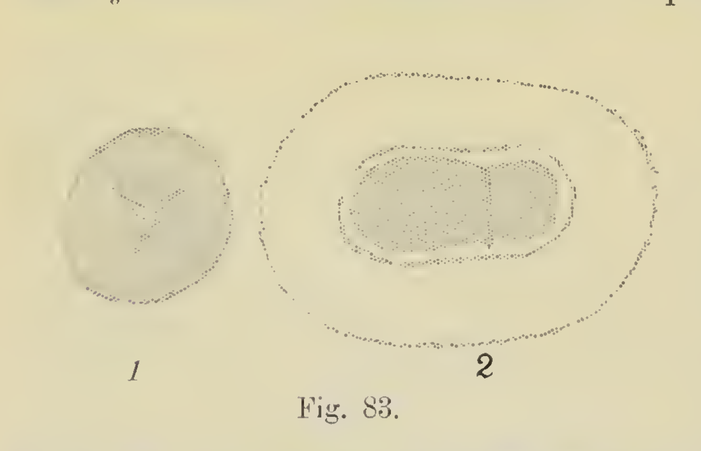


Fig. 83.

B-Körner. 1 In schwacher Kalilauge gequollen, dreiseitige Rissbildung im Centrum. 2 In 1/2 verdünnter konzentrirter $CaCl_2$lösung theilweis gequollen; äusserer ganz blasser, stark gequollener Mantel, der der den noch nicht verquollenen Theil des Doppelkorns umschliesst. Obj. 2. Oc. 4.

Bei späterer Wiederholung der Versuche mit B-Körnern, die in 70% Alkohol aufbewahrt waren, war das Resultat ein etwas anderes. Aufgetrocknet und darauf 2% Kalilauge zugegeben, erfolgte unter Rissbildung Aufquellung auf den doppelten Durchmesser; häufig zerrissen auch die Körner beim Quellen in mehrere Stücke, (eine Erscheinung, die sich auch bei der Lösungsquellung der natürlichen Stärkekörner häufig findet). War zuerst Wasser zugegeben, so trat in 2% Kalilauge sogar Quellung von 10 μ (trocken) auf 24 μ ein. Dagegen wurde völliges Unkenntlichwerden der Körner jetzt nicht beobachtet.

Eigenthümlicher Weise haben auch die A-Körner bei früherer und späterer Untersuchung ein ähnlich verschiedenes Resultat ergeben. Bei früherer Untersuchung, kurz nach der Darstellung, quollen die aufgetrockneten Körner in 2% Kali sofort so stark, dass viele fast nicht mehr sichtbar waren. Die meisten Körner waren hohle Blasen geworden und nach wenigen Minuten überhaupt gar keine mehr aufzufinden. In der Flüssigkeit trat bei Zusatz Meyer'scher Jodjodkalilösung[1]) blaues Gerinnsel auf, Körner liessen sich nicht mehr nachweisen. — Bei späterer Untersuchung von A-Körnern, die ca. einen Monat in Chloroformwasser auf dem Wärmeschrank (ca. 40°) gestanden hatten, war die Einwirkung des 2% KHO viel schwächer; Aufquellung sofort bis ca. 50% (3 Messungen) unter Rissbildung im Centrum, zuweilen auch Zerfall in zwei Hälften. Die durch die Risse entstandene spaltartige Centralhöhle vergrössert sich langsam, demnach schreitet die Quellung langsam weiter. Doch erhielten sich die Körner unter prächtiger Darbietung der Struktur und Schichtung viele Stunden lang ohne wesentliche Veränderung in der 2% Lauge. Da nun bei der erstmaligen Untersuchung Körner, die 1½ h in Wasser gekocht waren, sich ähnlich verhielten (Aufquellung von 44 μ auf 72 μ, Erweiterung der inneren Risshöhle, so dass schliesslich blasig, sonst jedoch noch nach 6 h gut erhalten), so liegt die Möglichkeit vor, dass die Körner bei der zweiten Untersuchung doch vielleicht ein wenig verändert waren.

Wurde 5% KHO zu einem schon in 2% KHO von 44 auf 56 μ aufgequollenen A-Korn gegeben, so trat, unter Erweiterung der Risshöhle zu einer grossen Höhle, successive Quellung bis auf 96 μ auf, wobei die Konturen kaum mehr sichtbar waren. Bei direktem Zusatz von 5% KHO zu A-Körnern ähnlich; nach 4 h war von den Körnern nichts mehr aufzufinden. Bei Zusatz von 10% KHO verschwinden die Körner sofort sämmtlich; Zusatz von Jodlösung ergab nur noch blaues Gerinnsel.

Ueber die Wirkung der 25% Salzsäure auf die B-Körner theilte ich früher mit (p. 11). „Salzsäure von 25% löst die Körner sofort spurlos auf. Bei Zusatz von Jodtinktur zu der unter dem Deckglas befindlichen Lösung scheidet sich ein indigoblaues Gerinnsel aus, das jedoch hie und da etwas ins Röthliche spielt." Die Ergebnisse mit den A-Körnern sind ganz entsprechende. Bei Zusatz von 25% ClH zu den aufgetrockneten Körnern sofort starkes Aufquellen und dann Verschwinden der Körner in kürzester Zeit. Bei der Untersuchung mit Jod nur blaues Gerinnsel, jedoch keine Körner mehr nachweisbar.

Ueber die Wirkung der Schwefelsäure auf die B-Körner wurde früher berichtet: „Konzentrirte (92%) wie ½ verdünnte Schwefelsäure lösen die Körner sofort unter

[1]) 0,5 Jodkalium + 1 Jod + 100 ccm Wasser.

momentanem Aufquellen auf. $^1/_4$ verdünnte Schwefelsäure dagegen quellt nur wenig und lässt die Körner ziemlich intakt." Auch die A-Körner verhalten sich im Allgemeinen ebenso, nur wurde beim Zusatz der $^1/_2$ verdünnten Schwefelsäure zu den aufgetrockneten Körnern keine Aufquellung, sondern momentane Auflösung unter Abschmelzen von Aussen beobachtet. — Man muss daher sehr vorsichtig manipuliren, um diesen Vorgang deutlich zu verfolgen. Trockene B-Körner verhalten sich ebenso gegen $^1/_2$ Schwefelsäure; doch ist hier bei vorsichtiger Einwirkung ein mantelartiges Aufquellen der äusseren Schichten vor dem völligen Schwinden zu verfolgen.

Chlorcalcium und Chloralhydrat. Die starke Quellung der B-Körner in konzentrirten Lösungen von Chlorcalcium oder Chloralhydrat wurde im vorläufigen Bericht folgendermassen geschildert. „Eine starke Lösung von $CaCl_2$ (ganz konzentrirte mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt) bewirkt sofort starkes Aufquellen der äusseren Schicht der Körner zu einem sehr blassen Mantel, welcher den nicht gequollenen Theil des Korns einschliesst (s. Textfig. 83 2, p. 269). Successive geht alsdann auch dieser in Quellung über, und schliesslich werden die völlig und sehr stark gequollenen Körner hohle blasenartige, mehr oder weniger unregelmässige Gebilde. Sehr konzentrirte Chloralhydratlösung hat etwa die gleiche Wirkung wie die Chlorcalciumlösung. Das helle Innere der stark aufgequollenen Körner ist schwächer lichtbrechend als die umgebende Chloralhydratlösung." — Die A-Körner wurden nur hinsichtlich ihres Verhaltens zu Chloralhydratlösung untersucht. Hierbei ergab sich das Eigenthümliche, dass eine ganz gesättigte Lösung auf die aufgetrockneten Körner überhaupt nicht quellend wirkte. Die Körner wurden in der stark lichtbrechenden Lösung sofort ganz durchsichtig, ohne ihre Grösse zu ändern. Hierauf wurde der Versuch in der Weise wiederholt, in welcher er bei den B-Körnern angestellt worden war, d. h., die aufgetrockneten Körner wurden zuerst unter Wasser gesetzt und dann die konzentrirte Chloralhydratlösung allmählich zufliessen lassen. Dabei ergab sich denn auch wie bei den B-Körner sehr starkes Aufquellen. Da das erst beobachtete Korn fortgeschwommen war, so wurde ein zweites, das noch keine Einwirkung des Chloralhydrats erkennen liess, eingestellt; dasselbe hatte einen Durchmesser von 66 μ, der so erheblich ist, dass das Korn wahrscheinlich doch schon etwas gequollen war. Wäre dies jedoch nicht der Fall gewesen, so hätte dies Korn im trockenen Zustand, bei einer durchschnittlichen Quellung von 40 % in Wasser, einen Durchmesser von 40 μ besessen. Als hierauf das Chloralhydrat allmählich durchgezogen wurde, begann das Korn langsam zu quellen; bei 96 μ Durchmesser waren die Konturen schon sehr blass und schwer sichtbar, doch wuchs der Durchmesser noch bis auf 120 μ, also auf das dreifache des Durchmessers im trockenen Zustand. Die kleineren Körner der Umgebung waren vielfach in hohle Bläschen mit hellem Inhalt umgewandelt und sehr zahlreiche jedenfalls so blass, dass sie überhaupt nicht mehr zu bemerken waren. Wurde hierauf Meyer'sche Jodlösung zugesetzt, so färbten sich die stark gequollenen Körner reinblau, jedoch selbst bei starkem Jodüberschuss nur blass. Alle erschienen im gefärbten Zustand als hohle Bläschen mit dünner Wand, ähnlich den stark gequollenen natürlichen Stärkekörnern. Hieraus geht jedenfalls hervor, dass ein grosser Theil der Substanz bei dieser Behandlung in Lösung ging. Gleichzeitig wurde bei Strömungen in der Flüssigkeit (während des Jodzusatzes) beobachtet, dass die durch Chloralhydrat

aufgequollenen Körner ganz weich und dehnbar sind, im Gegensatz zu den ursprünglichen.

Aus diesen Erfahrungen geht hervor, dass die A-Körner in Chloralhydrat bis zu dreifachem Durchmesser aufquellen können. Wesentlich erheblicher ist nach meinen Erfahrungen auch die Aufquellung der Arrow-root-Körner in Wasser von 100° nicht[1]; weshalb wir die Quellung der künstlichen Körner in Chloralhydrat und Chlorcalcium sicherlich als echte Lösungsquellung betrachten dürfen.

g) Reaktion der A- und B-Körner mit Jod.

Auf die genaue Erforschung dieser Verhältnisse habe ich viel Mühe und Zeit verwendet, da sich gewisse Schwierigkeiten ergaben, deren Ueberwindung erst nach wiederholter Untersuchung gelang. Endlich kam ich doch zu befriedigenden Resultaten, die zunächst für die A-Körner kurz geschildert werden mögen.

A-Körner.

Setzt man zu einem in Wasser befindlichen Präparat (am geeignetsten aufgetrockneter Körner) starke Jodjodkalilösung (Meyer'sche Jodlösung) vorsichtig zu, so dass sie nur einen Theil der Körner erreicht, so hat man die gesammte Skala der Farbentöne, von der schwächsten bis zur stärksten Färbung zum Vergleiche nebeneinander. Dann ergiebt sich, dass die Färbung mit schwachem reinem Blau oder schwachem Rothviolett beginnt. Bei intensiverer Färbung werden die blauen Körner tief blauviolett, die rothvioletten dagegen färben sich überhaupt schwächer und bleiben rothviolett bis violett-roth, so dass auf diesem Stadium die Differenz der beiderlei Färbungsvarietäten am deutlichsten hervortritt. Bei noch intensiverer Färbung werden die blauvioletten schwarzblau und endlich ganz schwarz undurchsichtig, die rothvioletten, wenn klein und daher durchsichtiger, mehr bräunlichroth, wenn grösser, ebenfalls so dunkel, dass der Farbenunterschied von der anderen Varietät nicht mehr deutlich erkennbar ist. — Wird statt Jodjodkalilösung schwächere (gelbe) Jodtinktur verwendet, so erzielt man bei genügender Färbung dieselben Resultate, nur dass der Farbenton der ersten Art der Körner reiner blau ist. Auch die wabigen Stärkemassen zeigen die gleichen Färbungsverhältnisse, d. h. theils mehr rein blau, theils mehr rothviolett. — Erhitzt man ein mit Jod oder Jodjodkali gefärbtes Präparat 1—2 Minuten auf dem Wasserbad, so findet man, dass in der Regel sämmtliche Körner die gleiche, rein berlinerblaue intensive Färbung angenommen haben, d. h., die früher rothvioletten bis blauvioletten sind nun rein berlinerblau und viel intensiver als zuvor gefärbt, ebenso intensiv wie die blaue Varietät. Ebenso ist beim Erhitzen der mehr blauviolette Ton der Jodjodkalifärbung in reines intensives Berlinerblau übergegangen. Nicht immer reicht jedoch einmalige Erhitzung für diese Verwandlung aus; ist sie dabei nicht völlig eingetreten, so genügt zwei- bis dreimalige Wiederholung, um sämmtlichen Körnern und aller wabigen Stärke die rein blaue Farbe zu geben.

---

[1]) Nach C. Nägeli (1858 p. 107) quellen die Kartoffelstärkekörner bei 74° C. auf das 2½—3-fache der natürlichen Grösse (d. h. wohl in kaltem Wasser), bei 86° etwa auf das 4fache. Bei höherer Temperatur tritt keine weitere Vergrösserung ein.

Wäscht man ein solches Präparat hierauf mit Wasser aus und entfernt dann sämmtliches Jod durch Ausziehen mit Alkohol, verdrängt diesen mit Wasser und färbt von neuem mit Jodjodkalilösung, so werden sämmtliche Körner gleich intensiv rein blau bis vollkommen schwarz gefärbt; der frühere Unterschied zwischen blauen und rothvioletten bis braunvioletten Körnern ist vollständig verschwunden. Die Körner polarisiren natürlich noch so vortrefflich wie früher.

Die nächstliegende Vermuthung, welche man über die oben hervorgehobene Veränderung der rothvioletten Körner durch Erhitzen aufstellen könnte, wäre wohl die, dass beim Erhitzen in Wasser ein Stoff herausgelöst werde, welcher die rothviolette Färbung bedinge. Recht wahrscheinlich ist dies zwar schon deshalb nicht, weil die Blaufärbung der Körner nach dem Erhitzen viel intensiver ist als die frühere rothviolette Farbe. Dass sich die Angelegenheit anders verhält, ergiebt sich jedoch auch leicht daraus, dass einfaches Erhitzen eines Präparats in Wasser vor der Färbung, auch bei mehrmaliger Wiederholung nicht genügt, um die Färbungsverschiedenheit der beiden Körnervarietäten aufzuheben. Sogar die mit viel Wasser 1½ h auf 100° erhitzten Körner zeigen die Färbungsdifferenz vollkommen unverändert. Dies führte zum Schluss, dass es die Erhitzung mit Jod sein müsse, welche die Veränderung der sich rothviolett-färbenden Körner hervorrufe. Einige Versuche haben dies bestätigt. Eine Partie der Körner wurde mit Wasser in ein kleines Reagenzröhrchen gegeben und soviel Jodtinktur zugesetzt, dass die Flüssigkeit schwach braun gefärbt war, darauf ca. 1 Stunde auf dem Wasserbad erhitzt. Die Flüssigkeit über den Körnern hatte nach der Abkühlung eine schwach bräunlichrothe Farbe. Die Körner erschienen bei makroskopischer Betrachtung rein blau. Hierauf wurde mit Wasser und Alkohol ausgewaschen bis die Körner ganz entfärbt waren. Diese Körner werden sowohl bei der Färbung mit Meyer'scher Jodlösung als mit Jodtinktur absolut rein berlinerblau und schliesslich vollkommen schwarz. Die Anfangsfärbung bei beginnender Tinktion ist schwach violett-blau bis weinroth, geht jedoch bei stärkerer Tinktion sofort in prachtvolles Berlinerblau über. Die Färbung ist ebenso intensiv wie die der natürlichen Stärkekörner, die Polarisation ebenso gut wie früher. Aus diesen Erfahrungen folgt wohl sicher, dass das Erhitzen mit Jodlösung eine Veränderung der sich rothviolett färbenden Körner bewirkt, d. h. ihnen das Verhalten ertheilt, welches die sich blaufärbenden von Anfang an haben.

Dieser Schluss wird durch nachfolgende Erfahrung über die entsprechende Umwandlung unterstützt, welche die Körner bei anhaltender Behandlung mit Meyer'scher Jodlösung erfahren. Auf die Prüfung dieses Verhaltens wurde ich durch die eigenthümliche Erfahrung an den Stärkeresten hingewiesen, über welche später an geeigneter Stelle berichtet werden wird. Behandelt man aufgetrocknete A-Körner direkt mit Meyer'scher Jodlösung unter dem Deckglas, so färben sie sich so intensiv schwarz und undurchsichtig, dass von dem oben hervorgehobenen Unterschiede der beiden Modifikationen nichts mehr zu erkennen ist; dagegen tritt an den kleinen Fetzchen der lamellösen Stücke der Farbenunterschied z. Th. noch deutlich hervor. Wurde ein solches Präparat in der feuchten Kammer aufbewahrt und von Zeit zu Zeit noch etwas frische Jodlösung zugegeben, so war schon nach 24 h eine sichtliche Umwandlung der Farbe der violetten Fetzchen ins Blaue zu bemerken,

die sich bei fortgesetzter Einwirkung steigerte, so dass am dritten Tage nur noch ganz geringfügige Andeutungen von violetter Farbe einzelner Fetzchen zu beobachten waren. Darauf wurde das Präparat mit Wasser und schliesslich Alkohol ausgewaschen, bis das Jod völlig entfernt war, und dann, nach Wiederzusatz von Wasser, mit schwach brauner Jodtinktur gefärbt. Jetzt färbten sich sämmtliche Körner absolut rein blau, genau wie gewöhnliche Stärkekörner und ebenso intensiv. Der frühere Unterschied der beiden Modifikationen war durch die dreitägige Behandlung mit Jodjodkalilösung völlig aufgehoben und der Gegensatz der Färbung zu einem mit unbehandelten Körnern hergestellten Vergleichspräparat ganz frappant. Die Polarisation war so gut wie früher. Besonders erwähnt sei noch, dass die Jodjodkalilösung unter dem Deckglas keine Färbung annahm, dass demnach keine Stärke in Lösung ging.

Dieser Versuch bestätigt also die Ergebnisse über die Umwandlung der sich violett färbenden Modifikation der Körner durch schwache Jodlösung beim Kochen; die gleiche Umwandlung erfolgt, wie der obige Versuch lehrt, auch in der Kälte bei Anwendung stärkerer Jodlösung, wie sie die Meyer'sche Jodjodkalilösung darstellt. Dagegen spielt das Jodkalium dabei gar keine Rolle, was ich durch besondere Versuche feststellte; es vermag für sich allein keine Umwandlung der Körner hervorzurufen.

B-Körner.

Ueber die Jodfärbung dieser Körner wurde in der vorläufigen Mittheilung Folgendes berichtet: „Bei Behandlung mit sehr verdünnter schwach-gelber alkoholischer Jodtinktur, welche zu den in Wasser, unter dem Deckglas befindlichen Körnern zugesetzt wird, bemerkt man folgende Abstufungen der Färbung. Die erste Spur von Färbung zeigt sich als eine ganz schwach veilchenblaue, bei stärkerem Einwirken geht die Farbe ins Rothviolette und schliesslich Braunviolette über. Die Jodfärbung ist eine sehr energische."

„Bei vorsichtiger Färbung zeigt sich weiterhin, dass die Umrahmung des centralen Bläschens oder der centralen Bläschengruppe (s. oben p. 263 u. Textf. 80—81), welche die Sphären, ähnlich anderen Sphärokrystallen, gewöhnlich enthalten, sich intensiver und rein indigoblau färbt, ähnlich wie die den Sphären beigemischten Fetzen der membranösen Stärke." „Bringt man vorsichtig konzentrirte Schwefelsäure zu den mit Jod gefärbten Sphären, so werden sie, unter ansehnlichem Aufquellen, sofort intensiv berlinerblau. Wie gesagt, quellen dabei die meisten Sphären zu anscheinend hohlen blasenartigen Gebilden auf, welche erst bei Zutritt der ganz konzentrirten Säure gelöst werden. Bei Anwendung von Chlorzinkjod erhält man, wie zu erwarten, die gleiche intensiv berlinerblaue Färbung wie mit Jod und Schwefelsäure unter entsprechendem Aufquellen."

Diese Angaben habe ich bei wiederholter Prüfung mit Jodtinktur oder Meyer's Jodlösung völlig bestätigt gefunden. Die Farbe ist bei Jodüberschuss sogar mehr braunroth oder rothbraun als braunviolett. Daraus geht hervor, dass die B-Körner im Allgemeinen jener zweiten Varietät der A-Körner entsprechen, die sich rothviolett bis braunviolett färbt. Dagegen wurde bei den A-Körnern nie etwas von rein blauen Einschlüssen in den Körnern dieser Modifikation beobachtet.

Dem früher Bemerkten ist nun zuzufügen, dass die braunvioletten bis rothbraunen B-Körner beim Erhitzen des jodhaltigen Präparats auf dem Wasserbad ebenfalls prachtvoll tief berlinerblau werden, welche Blaufärbung viel intensiver ist als die frühere Braunfärbung. Wird zu den rein blau gewordenen Körnern Jod in möglichstem Ueberschuss gegeben, so bleiben sie reinblau bis schwarzblau. Ebenso färben sie sich nach Ausziehen des Jods mittels Alkohol fortan mit Jod stets rein berlinerblau und schliesslich schwarz. — Ferner genügt es, die Körner im Röhrchen $^1/_2$ Stunde mit schwach brauner Jodtinktur zu kochen, um ihnen die absolut reine Amylosefärbung zu ertheilen, d. h. die Körner färben sich jetzt, entsprechend den ebenso behandelten A-Körnern, sämmtlich absolut rein berlinerblau bis schwarz bei Jodüberschuss. Die Anfangsfärbung ist auch hier schwach violett. Auch diese Körner polarisiren noch gut. Im Gegensatz zu den A-Körnern war jedoch die Flüssigkeit über den mit Jod gekochten Körnern nach der Abkühlung ziemlich intensiv und rein berlinerblau, daher mehr in Lösung gegangen als bei den A-Körnern.

B-Körner, die 1 h. mit Wasser gekocht und darauf ausgewaschen waren, ergaben bei der Untersuchung rein blaue Anfangsfärbung, wurden alsdann bei wachsender Intensität der Farbe blauviolett bis schliesslich schwarzblauviolett, nahezu undurchsichtig. Das Ergebniss war das Gleiche mit Jodtinktur oder Meyer's Jodlösung. Die Färbung entsprach nun durchaus der der Fetzen wabiger Stärke, die beigemischt waren. Durch Erhitzen auf dem Wasserbad wird die Färbung in die rein blaue übergeführt. Polarisation gut erhalten.

Obgleich die Erfahrung, dass die mit Wasser erhitzten Körner sich nicht mehr braun färben, die Vermuthung nahe legt, dass ein sich braun färbender Stoff durch das Wasser ausgezogen werde, halte ich dies doch für wenig wahrscheinlich; wesentlich deshalb, weil die Braunfärbung viel weniger intensiv ist als die Blaufärbung, welche die braunen Körner nach dem Erhitzen auf dem Wasserbad oder auch nach der Behandlung mit Schwefelsäure annehmen. Dies spricht dafür, dass eine Umwandlung der sich braunfärbenden Substanz in eine sich intensiv und rein blau färbende eintritt, ein Umstand, auf den wir gleich bei Besprechung der Speichelbehandlung etc. näher eingehen werden.

In derselben Weise wie die A-Körner wurden auch die B-Körner auf die längere Einwirkung der Meyer'schen Jodjodkalilösung unter dem Deckglas geprüft. Die aufgetrockneten B-Körner wurden bei direktem Zusatz der Lösung so dunkel und undurchsichtig, dass nur an den kleinsten die rothbraune Farbe zu erkennen war. Schon nach $1^1/_2$ stündiger Einwirkung liess sich keine Spur von Braunfärbung der Körner mehr auffinden, sie waren sämmtlich tief schwarzblau. Die Körner wurden dann nach 24 h. vom Jod befreit und mit schwach brauner Jodtinktur geprüft, wobei sich ergab, dass sie nun genau die Färbungsunterschiede zeigen wie die A-Körner, d. h. theils rein blau, theils dagegen blauviolett bis rothviolett werden (letztere auch weniger intensiv gefärbt). Darauf wieder mit Meyer's Jodjodkalilösung behandelt; nach weiteren 24 h. dasselbe Ergebniss wie oben, jedoch hat die Zahl der sich violett färbenden Körner abgenommen. Hierauf nochmals 24 h. mit Meyer's Jodjodkalilösung behandelt,

färbten sich die Körner mit schwach brauner Jodtinktur fast ausnahmslos rein berlinerblau.

Demnach gilt auch für die B-Körner, dass längere Behandlung mit Jodjodkalium in der Kälte Umwandlung in die blaue Amylosefärbung herbeiführt, eine Erfahrung, welche wie bei den A-Körnern dafür spricht, dass es sich thatsächlich um eine Umwandlung der Körnersubstanz, nicht jedoch um das Herauslösen eines sich braunfärbenden Stoffes handelt.

h) Einwirkung von Speichel und Malzauszug auf die A- und B-Körner.

Die Einwirkung filtrirten, mit etwas Chloroform versetzten Speichels (bei 40°) ist auf die beiden Körnerarten so übereinstimmend, dass darüber gemeinsam Folgendes angegeben werden kann. Schon nach wenigen Stunden sind die Körner sehr blass geworden, zeigen dagegen die Strukturen, Schichtung und Strahlung in der Regel sehr schön. Trotz des blassen Aussehens polarisiren sie ebenso gut wie früher. Gleichzeitig hat die Färbbarkeit mit Jod sehr abgenommen und ist jede Spur der Blaufärbung verloren. Selbst bei reichlichem Jodzusatz ist die Farbe schwach röthlich bis weinroth (B-Körner) oder bei den A-Körnern gelblich bis schwach bräunlich (Jodtinktur), resp. schwach braun (Meyer's Jodlösung). Wird das Präparat mit den braungefärbten Körnern darauf auf dem Wasserbad einige Zeit erhitzt, so werden die Körner rein und tief berlinerblau. Die blaue Färbung ist viel intensiver als die frühere Braunfärbung. Wird darauf mit Alkohol völlig entfärbt und nach Zusatz von Wasser wieder mit Jod gefärbt, so erzielt man reine und schöne Blaufärbung (Indigoblau). — Zusatz von ½ Schwefelsäure zu den jodgefärbten Körnern macht die Färbung zunächst intensiver braun, worauf sie durch rothviolett in violettblau schliesslich in tiefes Berlinerblau übergeht. Man führt diese Reaktion und ähnliche am besten so aus, dass man am Rande des Präparats einen Tropfen der Schwefelsäure zugiebt und nun einige Stunden bedeckt ruhig stehen lässt. Bei dem sehr allmählichen Eindringen und langsamen Wirken der Schwefelsäure tritt dann immer an vielen Stellen diejenige Konzentration auf, bei welcher die Säure richtig wirkt, ohne aufzulösen.

Mit Chlorzinkjod werden die speichelbehandelten Körner (A) zuerst bei schwacher Wirkung braun, bei voller schliesslich tiefblau und ganz undurchsichtig. Gleichzeitig scheidet sich aus der Flüssigkeit viel blaues Gerinnsel aus. Gequollen sind die Körner nicht erheblich.

„Bei 2—3tägiger Behandlung der Körner (B) mit Speichel scheint eine theilweise Zerstörung der äusseren Schichten hie und da einzutreten (s. Textf. 80 6, p. 262), auch fanden sich angefressene Körner vereinzelt vor (s. Textf. 81 4, p. 262). Malzauszug (nach der Vorschrift von A. Meyer [1895, p. 83] bereitet), wirkt bei 40° C. ganz ähnlich wie Speichel. Die Körner (B) wurden in ca. 12 Stunden sehr blass, zeigten jedoch vielfach einen dunkleren, weniger veränderten Kern. Auch die Färbung mit Jod ist ähnlich wie nach der Speichelbehandlung, nämlich schwach weinroth bis bräunlichroth. Dabei färbte sich jedoch nur der erwähnte dunklere Kern etwas intensiver, die blasse helle äussere Partie dagegen sehr wenig bis gar nicht. Zusatz von Schwefelsäure wurde noch nicht versucht, dürfte jedoch voraussichtlich das gleiche Resultat ergeben wie nach der Speichelbehandlung." (Bütschli 1896 p. 12).

Nach diesen Erfahrungen erleiden also die künstlichen Körner durch Behandlung mit Speichel oder Malzauszug ganz die gleiche Veränderung wie die natürlichen. Es bleiben sogenannte Stärkereste oder -skelette zurück (α-Amylose Meyer's), die sich fast ganz ebenso verhalten, wie die der natürlichen Körner. Wir werden dies noch genauer ersehen, wenn wir später die Reaktionen der letzteren zum Vergleich betrachten.

i) Behandlung der Körner mit verdünnter Salzsäure.

Da sich sog. Stärkereste auch durch längere Behandlung der natürlichen Stärkekörner mit verdünnten Säuren gewinnen lassen, so wurde auch dieses Verfahren nach der von A. Meyer gegebenen Vorschrift (1895, p. 8) versucht. Von den A- und B-Körnern wurden Proben in einem kleinen Reagenzröhrchen mit 1,56% ClH übergossen und darauf 2—3 Stunden im Wasserbad auf 80° C. erhitzt (B-Körner); oder zuerst (A-Körner) 18 Stunden auf dem Wärmeschrank mit der Säure stehen gelassen (40° C.) und darauf 2—3 Stunden auf 80° erhitzt. Die so behandelten B-Körner waren blass, polarisirten jedoch noch ganz gut. Sowohl mit Jodtinktur wie mit Meyer's Jodlösung färbten sie sich schwach braunroth bis weinroth, jedoch keine Spur blau. Wurde darauf konzentrirte Schwefelsäure zugesetzt, so gingen die Körner durch intensiveres Weinroth in Blauviolett und schliesslich tiefes Indigoblau über.

Etwas schwieriger scheint die Umwandlung der A-Körner auf diese Weise zu gelingen. Nach 2—3stündiger Behandlung bei 80° zeigten die Körner mit schwachgelber Jodtinktur nur schwachbraune Farbe, dagegen mit der starken Meyer'schen Jodlösung schwachblaue bis blauviolette Färbung. Die Färbung ist, wie gesagt, viel schwächer als die der unbehandelten Körner. Die Behandlung mit neuer 1,56% ClH wurde darauf successive noch 2 mal 2—3 Stunden wiederholt; doch zeigte sich auch dann noch eine blauviolette bis weinrothe Farbe mit Meyer's Jodlösung, wenn auch noch schwächer als nach der ersten Behandlung.

Wurde das jodgefärbte Präparat auf dem Wasserbad erhitzt, so wurden die Körner ganz intensiv indigo- bis berlinerblau. — Mit Chlorzinkjod werden sie prächtig tiefblau. Es dürfte wohl nicht zweifelhaft sein, dass auch die A-Körner bei hinreichend langer Behandlung mit verdünnter Salzsäure die Blaufärbung mit Jod ganz verlieren.

Aus dem vorstehend Mitgetheilten geht hervor, dass die Körner bei Behandlung mit verdünnter Salzsäure in derselben Weise verändert werden wie die natürlichen Stärkekörner.

Bei Behandlung mit 25% ClH sind A- und B-Körner nach kurzer Zeit völlig geschwunden, wie sich bei den A-Körnern beobachten liess, nach vorhergehender sehr starker Aufquellung. Jodzusatz ergab nur noch blaues Gerinnsel, liess dagegen von Körnern nichts mehr erkennen. Ebenso verhielten sich die mit Speichel behandelten A-Körner. Seltsamer Weise widerstanden dagegen die 1½ h. in Wasser auf 100° erhitzten A-Körner viel besser. Sie quollen in der 25% Salzsäure sehr erheblich, ca. 60%, lösten sich jedoch nicht und wurden nicht zu hohlen Blasen. Nach dem Auswaschen mit Wasser färbten sie sich mit Meyer's Jodlösung tief blauviolett.

k) Versuche über Modifikationen in der Darstellung der Stärkesphären.

Um die Modalitäten der Bildung der Stärkesphären beim Eintrocknen der Lösung mit Gelatine genauer zu ermitteln, habe ich eine Reihe Versuche angestellt, über die hier kurz zu berichten ist. Verwendet wurde zu diesen Versuchen stets eine sorgfältigst filtrirte Lösung von 2 g Weizenstärke in 100 Wasser, durch längeres Kochen auf dem Wasserbad hergestellt.

1. Eintrocknen einer Lösung, die mit gleichem Volumen 5% Gelatine versetzt, im Vakuum. Zwei Proben, die sich ganz gleich verhielten. Ergebniss: Keine Sphärokrystalle, sondern eine Menge kleiner dünner Membranfetzen, die sich mit Jod blauviolett bis indigoblau färbten und die, ungefärbt, in der Flächenansicht ungemein durchsichtig sind. Der optische Durchschnitt dieser etwas schuppenartigen Membranfetzen ist eigenthümlich, indem er eine Menge flach linsenartiger, einseitig oder doppelseitig hervorragender Verdickungen aufweist, welche bei starker Vergrösserung eine zur Fläche senkrechte Streifung zeigen, die auf einen ein- bis wenigschichtigen Wabenbau hinweisen dürfte. Bei Flächenbetrachtung sind diese Verdickungen nur nach Jodfärbung wahrzunehmen, da sie dann als dunklere zellenartige Bezirke hervortreten, welche durch lichtere Partien verbunden sind. Zuweilen sind eine ganze Anzahl solch' schuppiger Membranfetzen aufeinandergelagert. Ob die eventuelle Vermuthung richtig ist, dass jede Verdickung gewissermassen der Embryo eines Sphärokrystalls ist, da ja auch Sphärokrystalle häufig membranartig vereinigt vorkommen, lasse ich dahingestellt.

2. Eintrocknen der Lösung mit gleichem Volumen 5% Gelatine bei 34° C.

Ergebniss: Grosse Menge sehr locker gebauter, meist kleiner sphärenartiger Gebilde und ausgebildeter Sphären, die sich mit verdünnter Meyer'scher Jod-Jodkalilösung rothviolett färben; die dichteren Partien oder Sphären intensiver, die lockeren weniger intensiv. Im Allgemeinen besitzen diese Sphärenbildungen den Bau der schon früher beschriebenen, wie die Textfig. 84 deutlich zeigt. Von den ersten Anfängen, wie sie 1 darstellt, die häufig auch vielfach zusammengewachsen sind, finden sich alle Uebergänge zu den grösseren Sphären 2—7. Wie gesagt, besteht fast überall ein sehr lockerer wabiger Bau, seltener sind homogene dichtere Sphären mit scharfem dunklem Grenzsaum. Die zackige, in Bälkchen auslaufende Oberfläche, welche einen krystallitischen oder krystallskelettartigen Bau sehr klar zu machen scheint, muss ich nach den später bei den A-Körnern gesammelten Erfahrungen doch als unsicher beurtheilen und vermuthe, dass diese Beschaffenheit hauptsächlich daher rührt, dass die Körner ursprünglich in einem lockeren Wabenwerk von Stärke eingeschlossen waren, aus dem sie herausgebrochen sind; theilweise auch von nicht ganz ausreichender Untersuchung. Immerhin wäre die echt krystallitische Bildung und daher das Vorkommen freier Bälkchenausläufer mit meinen Vorstellungen über die Bildung der Sphärokrystalle durchaus vereinbar und eigentlich gelegentlich zu erwarten[1]). — Schichtung im Allgemeinen nur wenig aus-

[1]) Nach den Erfahrungen über die Krystallisation aus dem Schmelzfluss hat sich jedoch meine Ansicht hierüber jetzt zu Gunsten eines ursprünglichen Wabenbaus geändert, wie das schon mehrfach hervorgehoben wurde.

gebildet. — Interessant sind die Halbsphären Fig. 7, die sich membranartig zusammenhängend finden und jedenfalls an der Oberfläche der Flüssigkeit gebildet wurden.

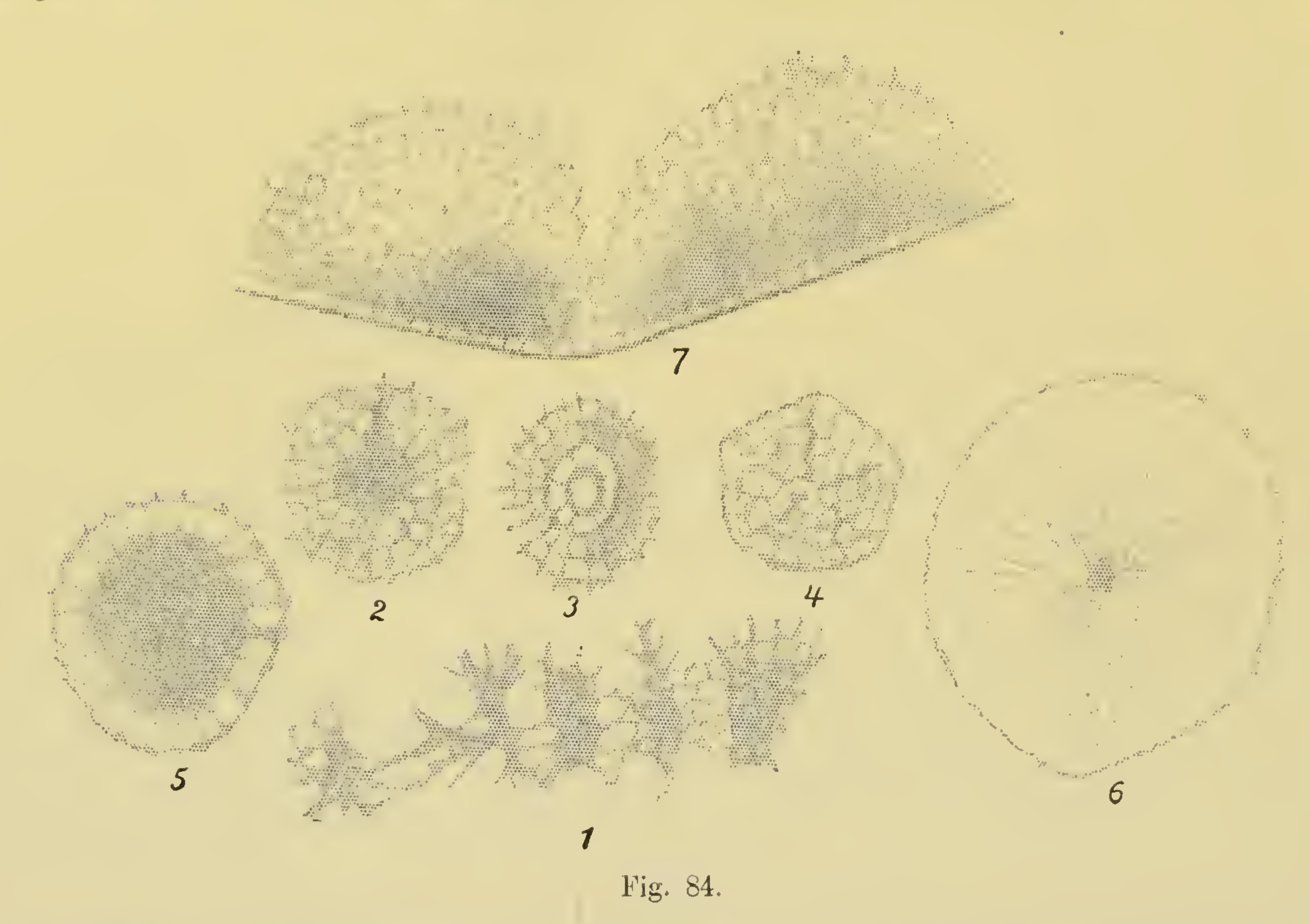


Fig. 84.

Stärkesphären durch Eintrocknen von Lösung (Weizenstärke) mit = Vol. 5% Gelatine bei 34° C. erhalten: z. Th. ungefärbt, z. Th. mit Jod gefärbt (1,7). In Wasser. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung auf Struktur überall tief.

Beachtenswerth ist an ihnen vor allem die alveolarsaumartige Grenzschicht und deren relativ dicker und dunkler, pellicularartiger Grenzsaum.

3. Lösung von Stärke in 5% Gelatinelösung.

2 g Weizenstärke wurden mit 100 ccm 5% Gelatinelösung auf dem Wasserbad ca. 20 Minuten erhitzt. Dabei verquellen die Körner sehr gut, und die Flüssigkeit bleibt ziemlich klar. Darauf durch Heisswassertrichter filtrirt. Die Filtration geht einige Zeit leicht, und das Filtrat ist zunächst ganz klar. Bald setzt sich jedoch aus dem Filtrat auf dem Boden des Gefässes ein weisser Niederschlag ab (a). Die Filtration wird hierauf allmählich schlechter und stockt trotz Verwendung zweier neuer Filter endlich völlig. Eine Probe der von dem weissen Niederschlag abgegossenen Gelatinelösung wurde auf dem Wärmeschrank eingetrocknet und ergab bei der Wiederauflösung eine grosse Menge weissen Rückstandes (b).

Der Niederschlag (a) bestand aus lauter kleineren bis etwas grösseren Körnern, welche wegen ihrer schwachen Lichtbrechung und ihres im Allgemeinen lockeren feinen Baues sehr an die durch Eindampfen oder Gefrieren erhaltenen Körner erinnern. Beim Erhitzen in der Gelatinelösung lösen sie sich nicht. Ihre Untersuchung nach dem Auswaschen der Gelatinelösung ergab, dass die Körner sicher kleine Sphärokrystalle sind, von meist ziemlich unregelmässig wabiger Struktur, selten mit schwach ausgebildeter Schichtung oder strahligem Bau. Sehr häufig sind aggregirte Körner, wobei sich stets zeigt, dass die Körner durch ein radiales Bälkchenwerk zusammenhängen. Häufig finden sich im Innern unregelmässig strukturirter

Körner eine bis mehrere relativ ansehnliche vakuolenartige Räume, die sicher nur von Flüssigkeit erfüllt sind. Mit Jodtinktur reine, sehr intensiv indigo-blaue Färbung. Polarisation sehr schwach; zwischen gekreuzten Nicols im Wasser untersucht nur schwaches Leuchten ohne erkennbares Kreuz.

Der durch Eintrocknen der Lösung bei 40° erhaltene Rückstand (b) besteht aus einer ungeheuren Menge Körner, welche den vorher beschriebenen (a) sehr ähnlich sind, ebenso jedoch auch den beim Eintrocknen der Lösung von Stärke mit 5% Gelatine bei 34° erhaltenen. — Charakteristisch ist gewöhnlich die Ausbildung eines dunklen dichten centralen Kerns (s. Textfig. 85 1). Unregelmässige bis etwas strahlige Strukturen wiegen vor, geschichtete dagegen sind selten. Oberfläche gewöhnlich rauh, ohne dunklen Grenzsaum. Interessant ist auch das Vorkommen von rundlichen bis unregelmässigen grösseren Körnern (s. Fig. 1 und 3) mit zwei bis zahlreichen dunklen Kernen, ohne innere Sonderung der umgebenden, unregelmässig wabigen Masse. Um diese Kerne ist häufig strahlige Struktur deutlicher. Erste Anfänge von Sphären, wie sie Fig. 4 zeigt, nicht selten; sie erinnern an die entsprechende Befunde beim kohlensauren Kalk etc. Derartige Anfänge, sowie auch grössere Sphären, sind gewöhnlich in einer zarten, schleierartigen Stärkemasse eingebettet. Aggregationen

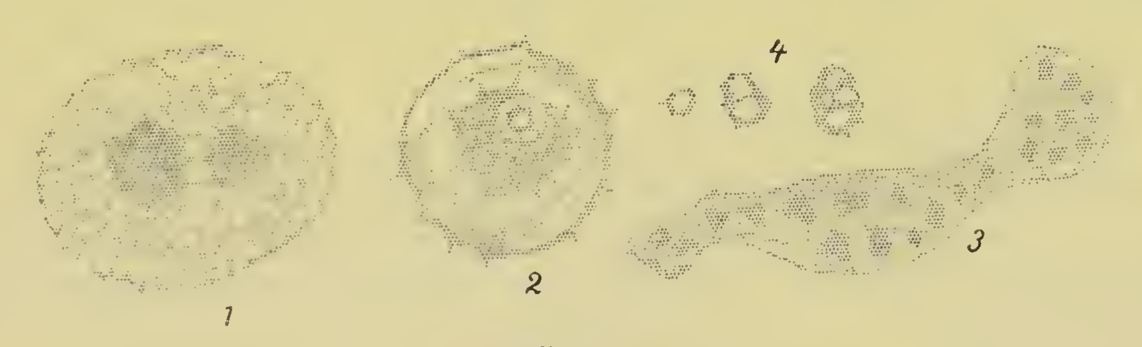


Fig. 85.

Stärkesphären durch Eintrocknen (bei 40° C.) der in 5% Gelatine gelösten Weizenstärke erhalten. Obj. 2. Ob. 12. Einstellung auf Struktur überall tief. 4. Erste Anfänge von Sphären.

häufig, wobei stets Radialverbindungen zwischen den aggregirten Sphären ausgebildet sind. Gelegentlich auch homogene Körner ohne deutliche Struktur. Färbung mit Jod wie bei den B-Körnern, d. h. zuerst veilchen- dann indigoblau, darauf roth- bis braunviolett und schliesslich rostbraun. Beim Erhitzen auf dem Wasserbad werden alle jodgefärbten Körner schön und intensiv indigo- bis berlinerblau. Die schleierartigen Stärkemassen färben sich rein indigoblau.

Polarisation der Körner sehr schwach, jedoch deutlich; wo besser, ein etwas verzogenes Kreuz erkennbar.

Nach diesem Ergebnisse ist nicht zu zweifeln, dass die aus der Lösung in 5% Gelatine erhaltenen Körner identisch sind mit den früher geschilderten künstlichen Körnern und sich den B-Körnern näher anschliessen.

4. Eintrocknen der Lösung von Weizenstärke mit Kirschgummilösung.

Eine Probe der Lösung mit dem gleichen Volum einer mässig dicken Kirschgummilösung auf dem Wärmeschrank bei 40° eingetrocknet. Ergebniss: ziemliche Menge kleiner, häufig zusammengesetzter Sphären von Stärke, die gut polarisiren wie die B-Körner; sich mit Jodtinktur bräunlichroth bis bräunlich färben und sich

nach allen übrigen Reaktionen wie die B-Körner verhalten, daher zweifellos mit diesen identisch sind.

5. Eintrocknen der Lösung von Weizenstärke mit gleichem Volum arabischen Gummis (bei 40° C.).

Ergebniss: Der massenhafte Rückstand, in welchem jedenfalls die grösste Menge der gelösten Stärke vorliegt, enthält keine Spur Körner oder sphärenartiger Gebilde. Er besteht durchweg aus einem feinen, aus theilweis verschmolzenen und agglomerirten Globuliten zusammengesetzten Gerinnsel, das sich mit Jod rein indigoblau färbt. Auch Membranfetzen fehlen vollständig.

6. Eintrocknen der Lösung von Weizenstärke mit dem gleichen Volum filtrirten Hühnereiweiss (bei 40° C.).

Ergebniss: Rückstand eine geringe Menge recht kleiner Sphärokrystalle, die sehr stark polarisiren, so dass sie schon ohne Gypsplättchen Farben zeigen. Dieselben verhalten sich meist optisch negativ, also umgekehrt wie die Stärke. Mit Jodjodkali (Meyer'sche Lösung) nehmen sie die gelbbraune Farbe der Jodlösung an, jedoch intensiver wie diese; doch wird die Farbe beim Auswaschen mit Wasser sofort ausgezogen, während die äusserst geringen Mengen des beigemischten Stärkegerinnsels intensiv blau gefärbt bleiben. Mit konzentrirter Essigsäure werden die Sphären sehr blass und scheinen ein wenig zu quellen; die grösste Menge der Substanz scheint von der Essigsäure gelöst zu werden.

In meiner vorläufigen Mittheilung habe ich die Vermuthung geäussert, dass diese Sphärokrystalle aus Calciumphosphat beständen. Meine Untersuchungen reichen nicht hin, um diese Vermuthung zu begründen; doch scheint es mir schon wegen der so energischen Polarisation wahrscheinlich, dass es sich um eine anorganische Verbindung handelt.

7. Eintrocknung einer 0,5% Lösung von Glykogen (aus Kaninchenleber) mit gleichem Volum 5% Gelatine bei 40°.

Ergebniss: Bei der Wiederauflösung bleibt kein Rückstand; es haben sich demnach keine Sphärokrystalle gebildet, die etwa jenen der Stärkelösung zu vergleichen wären.

1) Einige Bemerkungen über die Jodfärbung der natürlichen Stärkekörner.

Zum Vergleich mit den geschilderten Ergebnissen über die Jodfärbung der künstlichen Stärkesphären schien es angezeigt, auch die der natürlichen zu studiren. Ich habe dies an Weizen- und Arrow-root-Körnern ausgeführt. Weizenkörner färben sich bei schwächerer Jodwirkung (schwache alkoholische Jodtinktur) zunächst violettblau, bei stärkerer indigoblau. Wurde hierauf konzentrirte Schwefelsäure zugesetzt, so wurde unter Aufquellen der Körner zu Blasen die Farbe tief berlinerblau. Die gleiche Farbenänderung trat auch beim Erhitzen des Präparats auf dem Wasserbad ein. Auch die Arrow-root-Körner färben sich mit Meyer'sche Jodjodkalilösung mehr blauviolett, mit alkoholischer Jodlösung dagegen meistens indigoblau, doch auch eine Anzahl Körner mehr violettblau. Mit konzentrirter Schwefelsäure oder beim Erhitzen auf dem Wasserbad erfahren alle Körner die gleiche Umwandlung in reines Berlinerblau wie die Weizenkörner.

Beim Erhitzen auf dem Wasserbad wurde beobachtet, dass die stärker jodgefärbten Körner ihr Quellungsvermögen verloren haben, oder dass es

sich doch sehr wesentlich vermindert hat; es nimmt ziemlich in demselben Grade ab, als die Jodaufnahme stärker ist. — Dass der Farbenton der jodgefärbten Körner nicht nur von der Substanz der Körner, sondern noch von anderen Bedingungen abhängt, zeigt sich bei der Einwirkung von Alkohol auf die jodgefärbten Körner. Entzieht man diesen das Jod durch Alkohol (95 %), so werden sie bei stärkerer Abnahme der Färbung rein rothviolett bis weinroth (Arrow-root-Körner). Ersetzt man hierauf den Alkohol durch Wasser, so schlägt die Farbe sofort in reines Indigoblau um, und zwar in reineres Blau als früher, wie mir schien. Auf diese Thatsache wurde ich zuerst bei der Entfärbung der künstlichen Körner durch Alkohol aufmerksam; für sie gilt das Gleiche. Man wird diese Farbenänderung durch den Alkohol wohl auf dessen wasserentziehende Eigenschaft zurückführen und daher annehmen dürfen, dass sich die weniger wasserhaltige Amylose mehr violett färbt. Ich sah nachträglich, dass schon W. Nägeli (1874) auf die farbenändernde Wirkung des Alkohols hingewiesen hat; er sagt hierüber p. 55: „Schichtet man Alkohol vorsichtig auf eine blaue Kleisterlösung, so bildet sich auf der Grenze beider Lösungen ein Ring eines rothgefärbten Niederschlags." Die gleiche Angelegenheit hat jedoch auch schon C. Nägeli (1863, p. 165 I) genauer erörtert, der bei der Behandlung mit Alkohol die blau gefärbten Kartoffelstärkekörner in „violett, dann roth, orange und zuletzt gelb" übergehen sah, vor dem definitiven Verlust des Jods.

Aus gewissen Gründen, die bei der Besprechung der Stärkereste hervortreten werden, untersuchte ich auch die Eintrocknung der Arrow-root-Körner mit überschüssigem Jod. Die auf dem Deckglas mit Jodtinktur behandelten, zumeist tief blauschwarzen Körner werden beim Austrocknen mit Jodüberschuss schön rothbraun, sowohl in auffallendem wie durchfallendem Licht. Wird das Deckglas darauf auf einem Objektträger gesetzt und Wasser zugegeben, so werden die Körner rein und schön berlinerblau. Dazu ist jedoch eine nicht zu geringe Quantität Wasser nöthig; denn Körner, um die sich nur ein wenig Wasser niedergeschlagen hatte (sie lagen über einer Luftblase), blieben blauviolett, ja sogar rostbraun. Endlich finden sich auch mitten im Wasser hie und da noch blauviolette Körner. Wäscht man jedoch weiter mit Wasser aus, so werden auch diese Körner rein blau und erhalten sich so beim Eintrocknen. — Diese Erfahrungen bewiesen, dass die braune bis braunviolette Farbe auf der Gegenwart eines braungefärbten, durch Wasser ausziehbaren Stoffes in den Körnern beruht.

Um zu entscheiden, was dies für ein Stoff ist, wurde eine Portion Körner im Reagenzglas mit Ueberschuss von Jod gefärbt und darauf mehrfach sorgfältig mit Wasser ausgewaschen. Wurden diese Körner darauf auf dem Deckglas eingetrocknet, so blieben sie rein und schön blau ohne Violett- und Braunfärbung. Hieraus folgt, dass die Braunfärbung der Körner, die mit Ueberschuss von Jod eingetrocknet werden, sicherlich auf eingelagertem freiem Jod beruht. Die porösen Körner saugen beim Eintrocknen die konzentrirte Jodlösung auf und speichern so das Jod in sich, indem sie es gleichzeitig vor Verdunstung schützen. Auffallend ist immer, dass die braungefärbten Körner keineswegs dunkler und undurchsichtiger erscheinen als die blauen, weshalb die obige Erklärung zuerst wenig wahrscheinlich aussieht [1]).

[1]) Nachträglich finde ich, dass schon C. Nägeli (1863, I, p. 163) sah, dass die mit Jod blau gefärbten Körner von Kartoffelstärke auch beim Eintrocknen blau bleiben und sich „Tage und Monate"

Wird ein Präparat von Weizenkörnern in Wasser auf dem Wasserbad bis zum Verquellen der Körner erhitzt und hierauf mit Jod gefärbt, so färben sich die gequollenen blasigen Körner bei Jodüberschuss nicht mehr blau, sondern gelbbraun bis braunroth und rostbraun. Die Farbenskala erinnert ungemein an die der künstlichen B-Körner. Um diese Beobachtung weiter zu prüfen, wurde eine grössere Portion Weizenstärke mit viel Wasser 10 Minuten auf dem Wasserbad erhitzt, hierauf die abgesetzten gequollenen Körner durch mehrfaches Dekantiren mit Wasser gut ausgewaschen und schliesslich in Alkohol aufbewahrt. Der Alkohol hatte insofern eine unangenehme Wirkung, als er die weichen blasigen Körner stark verklumpte. Wurden diese gequollenen Körner hierauf in Wasser mit Meyer'scher Jodjodkalilösung oder Jodtinktur gefärbt, so färbten sich die Körner anfangs schwach veilchen- bis indigoblau, bei stärkerer Jodwirkung braunroth bis braunviolett. Bei vorsichtigem Zusatz konzentrirter Schwefelsäure werden die braunen Körner schön und rein berlinerblau. Wird ein mit Jod gefärbtes Präparat auf dem Wasserbad längere Zeit erhitzt, so nehmen wenigstens einzelne Körner eine reine und ziemlich intensive berlinerblaue Farbe an, während andere mehr purpurfarbig werden und viele auch keine sichtbare Veränderung erfahren. Wird hierauf mit Alkohol ausgewaschen und wieder Jod zugegeben, so tritt jedoch wieder die frühere braune Farbe auf, so dass es den Anschein hat, dass die Aenderung der Farbe in Blau keine dauernde ist[1]).

---

so erhalten. Wurden diese blauen Körner jedoch auf dem Ofen oder über der Spirituslampe erhitzt, so wurden sie vor dem völligen Verlust des Jods „violett, dann roth, dann braunroth und braun, zuletzt selbst orange, braungelb und gelb". „Benetzt man sie mit Wasser, so nehmen sie sofort wieder die blaue Farbe an." Nägeli ist der Ansicht, diese Farbenänderung der blauen Körner beruhe darauf, „dass das Jod, ehe es die blaue Jodstärke verlässt, zuerst seine Anordnung bezüglich der kleinsten Theilchen der Stärke verändert und daher mehrere aber eigenthümliche Farben hervorbringt". Die näher liegende Ansicht, dass das Jod in der Hitze seine Verbindung mit der Stärke aufgebe und daher mit seiner eigenen Farbe wirke, verwirft er deshalb, weil die dann zu erwartenden grünen Uebergangsfarben nicht auftreten. — In dem oben geschilderten Fall, wo es sich um nicht erhitzte Körner handelt, scheint mir die Braunfärbung nur auf dem gespeicherten braunen Jod beruhen zu können.

Nach F. Mylius (1887, p. 331), soll die durch Zusatz von Schwefelsäure aus der Lösung ausgeschiedene und gut ausgewaschene Jodstärke beim Trocknen im Vakuum rothbraun werden. Mylius ist der Meinung, dass die Bräunung auf dem Verlust des Krystallwassers beruhe; die blaue Jodstärke, welche nach ihm eine Verbindung von der Konstitution $(C_{24}H_{40}J)_4$. JH (resp. statt JH ein Jodmetall) sein soll, verdanke demnach ihre blaue Farbe einem Gehalt von Krystallwasser. Vergl. im Nachtrag (am Schlusse) meine eigenen weiteren Erfahrungen über die Jodfärbung.

[1]) Erst längere Zeit nach der Niederschrift obiger Zeilen fand ich zu meiner Ueberraschung, dass schon O. Maschke (1852) die gleiche Erfahrung gerade an Weizenkörnern gemacht und treffend illustrirt hat. Er bemerkt hierüber p. 403: „Die Stärke endlich, welche noch mehr und bis zum Kochen erhitzt worden, erscheint in eben der unregelmässigen Form, wie etwa ein zusammengefallener Schlauch. Beim Befeuchten mit Jodlösung tritt hier aber eine höchst merkwürdige Erscheinung auf; das Mikroskop zeigt nämlich, dass nicht die ganze Masse blau gefärbt ist, sondern dass in einer blauen und, wie es scheint, körnigen Masse braun gefärbte, hin- und hergewundene Schläuche liegen, Fig. 10." Die Figur giebt eine sehr gute kolorirte Darstellung der charakteristischen, von mir oben geschilderten Erscheinung. Weiter hat jedoch Maschke auch schon Folgendes beobachtet. „Fügt man zu dem mit Jod befeuchteten Objekte ausserdem etwas Schwefelsäure hinzu, so färben sich endlich auch die braunen Schläuche blau" (p. 403). Hieraus schloss nun Maschke schon 1852, dass die Stärkekörner aus Cellulose und Amylum zusammengesetzt seien, und zwar stellte er sich auf Grund seiner Beobachtungen vor, dass das Stärkekorn aus einer Anzahl ineinandergeschachtelter Cellulosemembranen (Bläschen) bestehe, deren Zwischenräume von dem „zum grösseren Theile im

6. Reste oder Skelette der Arrow-root-Körner.

Da ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung hervorhob, dass die künstlichen Stärkekörner in mancher Hinsicht mit den sog. Resten der natürlichen übereinstimmen, so wurde es nothwendig, die Eigenschaften dieser ein wenig zu studiren. Hergestellt wurden die Reste nach der von A. Meyer (1895, p. 8) angegebenen Vorschrift durch dreistündiges Erhitzen von 50 gr Arrow-root-Stärke mit 300 ccm Salzsäure von 1,56 % auf dem Wasserbad bei 80° C., bis jede Spur von Blaufärbung mit Jod geschwunden war. Hierauf wurden die Reste durch vielfaches Dekantiren mit Wasser ausgewaschen und schliesslich in Alkohol aufbewahrt. Zu den Reaktionen wurden sie z. Th. noch mehrfach mit schwach ammoniakalischem Wasser ausgewaschen; doch zeigten die auf solche Weise gereinigten keine Unterschiede gegen die ersteren.

Die in Wasser befindlichen Körner färben sich mit Jod (Jodtinktur oder Meyer's Jodjodkalilösung) sehr schwach und zwar etwa rostbraun, selbst bei starkem Jodüberschuss; häufig sogar etwas fleckig, indem sich verschiedene Partien desselben Kornes verschieden stark tingiren. Sie quellen beim Erhitzen in Wasser absolut nicht, ja sie schrumpfen dabei sogar ein wenig[1]). Trotzdem sind die Skelette nicht vollkommen unlöslich in Wasser. Wurden die, einen Tag mit ammoniakhaltigem Wasser gewaschenen Reste mit Wasser auf dem Wasserbad zwei Stunden erhitzt, so erwiesen sich die Körner viel blässer als zuvor; ihre Jodreaktion war ähnlich wie zuvor, jedoch mehr weinroth als rostbraun. Die Flüssigkeit über den Körnern war ein wenig gelblich-braun und wurde bei Zusatz von Jod schön und tief blauviolett, erst bei Ueberschuss von Jod braunviolett. Entsprechende Resultate erhält man, wenn man die Reste mit Wasser, dem einige Tropfen Jodtinktur beigemischt sind, einige Zeit erhitzt. Die erzielte Lösung erscheint auch hier nach der Abkühlung etwa wie dunkler Rothwein, ja eher blauer. Wird ein Tropfen dieser Flüssigkeit auf dem Porzellandeckel eingetrocknet, so wird sie schliesslich fast farblos, nachdem sie völlig eingetrocknet ist, verbleibt jedoch ein schön brauner Rückstand. Beim Uebergiessen mit Wasser wird er schön und ziemlich intensiv blauviolett.

Werden die mit Jod schwach rostbraun gefärbten Reste (auch die 2 h. mit Wasser ausgekochten) mit 1/2 verdünnter Schwefelsäure behandelt, so färben sie sich zunächst dunkler braun, dann purpurfarbig, indigoblau und schliesslich tief ber-

---

körnigen Zustande abgesonderten Amylum" erfüllt seien. Ein kleiner Theil des Amylum sei auch im gelösten Zustand vorhanden wie er aus seinen ganz zutreffenden Beobachtungen über die Löslichkeit der Stärke in kaltem Wasser etc. entnimmt Bekanntlich stammt die erste Nachricht Nägeli's über das Vorkommen von Cellulose in den Stärkekörnern aus dem Jahre 1858. Dass er dies schon 1847 gefunden, wie er selbst (1858 p. 182) und Andere nach ihm angaben, ist unrichtig. Er behauptete 1847 p. 121, dass die „Stärkebläschen" eine „wahrscheinlich aus Gallerte bestehende Membran" besässen, von Cellulose ist jedoch nirgends die Rede. Es scheint mir ganz unzweifelhaft, dass Maschke schon 1852 auf Grund seiner Erfahrungen mit gleichem Recht ganz denselben Schluss zog, wenn auch seine Vorstellungen über die Vertheilung der sogen Cellulose und des Amylums in dem Stärkekorn nicht richtig erscheinen.

1) Auch C. Nägeli (1863, II, p. 138) bemerkt hinsichtlich der Quellung der durch Säurebehandlung dargestellten Stärkereste, „dass diese Eigenschaft denselben beinahe ganz mangelt". In kochendem Wasser trat keine Lösung ein; doch beschränkte der sonst so sorgfältige Beobachter sich auf die Betrachtung der gekochten Körner, unterliess dagegen die Untersuchung der Flüssigkeit, welche ihm die Irrigkeit dieser Ansicht gezeigt hätte.

linerblau. Bei vorsichtiger Ausführung der Reaktion in der oben (p. 275) angegebenen Weise gelingt sie unter Erhaltung der Körner ganz vortrefflich; bei Anwendung zu konzentrirter Schwefelsäure oder zu schneller Einwirkung tritt Lösung ein, wie Nägeli (1863, p. 142—143) gewöhnlich beobachtete[1]). Die Körner quellen bei vorsichtigem Verfahren sogar nur wenig auf.

Vorsichtiger Zusatz von Chlorzinkjod ruft ganz dieselbe Farbenskala hervor wie Jod und 50% Schwefelsäure; zuerst gelb-braun, dann tiefbraun, braunviolett, blauviolett und schliesslich intensiv berlinerblau. Dabei tritt neben den Körnern auch viel Gerinnsel auf, welches dieselben Farbenänderungen durchläuft; dies beruht jedenfalls darauf, dass Körner, die von dem konzentrirten Chlorzinkjod getroffen werden, in Lösung gehen, das Gelöste sich aber bei Verdünnung mit Wasser wieder als Gerinnsel ausscheidet.

Erhitzung der mit Jod rostbraun gefärbten Reste auf dem Wasserbad bringt nur bei mehrfacher Wiederholung Bläuung eines Theils der Körner hervor, während andere Uebergangsstufen dazu zeigen, indem sie rothviolett bis purpurfarbig erscheinen. Immerhin trifft man gewöhnlich in den erhitzten Präparaten auch einige Körner, die tief und rein berlinerblau geworden sind. Die genauere Verfolgung zeigt jedoch, dass diese Körner solche sind, die am Rande des Präparats lagen und beim Erhitzen eintrockneten. Die in der Flüssigkeit gebliebenen Körner sind dagegen nur vereinzelt schwach blau geworden. Auch ist diese Bläuung wenig dauerhaft, denn sie wird in der Regel schon durch Auswaschen mit Wasser leicht entfernt, worauf sich die Körner bei wiederholter Jodfärbung wieder rostbraun bis weinroth färben.

Dasselbe Ergebniss wurde im Allgemeinen auch erzielt, wenn eine grössere Menge der Reste im Röhrchen mit schwach brauner Jodtinktur bis eine Stunde lang gekocht wurden. Die mit Wasser gut ausgewaschenen Körner waren dann z. Th. schwach blauviolett bis blau gefärbt, bei stärkerem Jodzusatz wurden sie wieder braun.

A. Meyer sagt p. 11. „Lässt man die Skelette (von Arrow-root) mit etwas Jodjodkaliumlösung eintrocknen, so färben sie sich intensiv blau", und weiterhin zur Erklärung dieser Erscheinung: „in den eingetrockneten Skeletten färbt sich eine Spur verquollener β-Amylose, ebenso in den Skeletten, welche in Calciumnitrat gelegen hatten." Ich habe hierzu 1896 (p. 14) bemerkt, dass mir diese Erklärung „sehr gezwungen und unwahrscheinlich scheine." Ich muss dies auch jetzt aufrecht erhalten, insofern es sich um verquollene β-Amylose handeln soll, welche sich in den Resten vorfinde; denn wäre dies der Fall, so liesse sich gar nicht begreifen, warum bei der Jodfärbung der Reste in Wasser keine Spur von Bläuung auftritt. Wäre β-Amylose vorhanden, so müsste sich dies sicherlich bei der beginnenden Jodfärbung durch

[1]) C. Nägeli konnte die Säurereste der Kartoffelstärke, die sich mit Jod und Wasser nicht oder nur schwach färbten, mit Jod und Jodwasserstoffsäure „intensiv blau färben", „darauf gut ausgewaschen und dann mit frischer Jodtinktur oder mit wässeriger Jodlösung behandelt, so färben sie sich sogleich fleischroth oder orange und gehen theilweise bald in ein mattes Violett oder selbst in ein helles und mattes Blau über" (p. 146). „Wenn man sie mit Jod in Jodwasserstoffsäure oder bloss mit Jod eintrocknen lässt (wobei sich ebenfalls Jodwasserstoffsäure bildet) und dann mit Wasser befeuchtet, so zerfliessen sie meistens in eine blaue oder violette Wolke. Das Nämliche geschieht, wenn man sie mit Jod und Schwefelsäure behandelt."

schwache Bläuung verrathen, die erst später durch die vorwiegende Braunfärbung verdeckt werden könnte.

Meine Erfahrungen über die Eintrocknung der Reste mit Jodtinktur oder Meyer's Jodlösung, welche beide ganz dieselben Ergebnisse liefern, sind folgende. Werden die Reste auf einem Porzellandeckel oder geeigneter auf einem Deckglas mit einem Tropfen konzentrirter Jodlösung eingetrocknet, so werden die ursprünglich rostbraun gefärbten Körner, wenn die Flüssigkeit nahezu eingetrocknet ist, ungemein intensiv blau, fast schwarz. Wenn dann die Eintrocknung so weit gegangen ist, dass sich alles äussere Jod verflüchtigt hat und wirklich Trockenheit eingetreten ist, so sind die Reste wieder schön rostbraun geworden. Setzt man das Deckglas nun über eine niedere Wasserschicht auf den Objektträger, ohne dass es diese berührt, sich aber Wasser an den braunen Körnern niederschlägt, so werden diese sofort rein blau, während sich die niedergeschlagenen Wassertröpfchen gelb bis gelbbraun färben. Wir begegnen also der gleichen Erscheinung, die schon oben (p. 281) beim Eintrocknen der Arrow-root-Körner mit Jod beobachtet wurde, und dürfen daraus schliessen, dass die Bräunung bei dem vollständigen Eintrocknen auch hier auf der Kondensation von Jod in den trockenen Resten beruht. — Die intensiv blaue Farbe der in dieser Weise angefeuchteten Körner ist jedoch nur sehr wenig haltbar, indem sie sich meist leicht und völlig durch Wasser auswaschen lässt, wobei die blaufärbende Substanz in eine blauviolette Lösung übergeht. Bei mehrfacher Wiederholung der Versuche fand sich gelegentlich sogar, dass bei Wasserzusatz fast sämmtliche schön blauen Reste sich vollständig zu einer blauen Lösung, die nur einen Stich ins Violette zeigte, auflösten.

Werden die mit Wasser sorgfältig ausgewaschenen blauen Reste dann wieder mit Jod gefärbt, so tritt wieder reine Braunfärbung auf wie früher.

Diese Erfahrungen kann ich mir nur so erklären, dass beim Eintrocknen mit Jod ein Theil der Substanz der Reste, manchmal sogar die gesammte, in wasserlösliche, mit Jod sich bläuende Amylose umgewandelt wird; in ähnlicher Weise wie wir fanden, dass das Erhitzen mit Jod oder die Behandlung mit Jodjodkalilösung bei den künstlichen Körnern eine solche Umwandlung, jedoch in unlösliche, sich bläuende Amylose hervorruft. Hiermit stimmt auch das oben geschilderte Verhalten der jodgefärbten Reste beim Erhitzen in Wasser überein, indem sie dabei auch gebläut werden, aber die bläuende Substanz gleichfalls vom Wasser leicht ausgezogen wird. Dies erklärt, warum die Bläuung der jodgefärbten Reste beim Erhitzen in Wasser nur vereinzelt gelingt und sich gewöhnlich nur an den eingetrockneten Rändern gut zeigt, da im Innern der Flüssigkeit die gebildete Amylose sofort in Lösung geht. Ebenso erklärt sich auch, warum sich die blaugewordenen Reste nach dem Auswaschen mit Wasser nicht mehr blau färben.

Wurde der Eintrocknungsversuch mehr im Grossen ausgeführt, indem eine Partie der Reste im Uhrglas mit überschüssiger Jodtinktur eingetrocknet wurde, so waren die Resultate ein wenig abweichende, was sich vielleicht zum Theil dadurch erklärte, dass das Trocknen bei 54° C. geschah. Die eingetrocknete, dunkelbraune Masse ergab beim Uebergiessen mit Wasser eine tief blaue Lösung mit einem Stich ins Violette. Die ungelöst gebliebenen Reste wurden wiederholt mit Wasser aus.

gewaschen, wobei ein ansehnlicher Theil schön berlinerblau gefärbt blieb. Wurden die Körner darauf mit Alkohol vom Jod völlig befreit und von Neuem mit Jodtinktur gefärbt, so wurden die früher blauen wieder blau, die übrigen dagegen weinroth bis purpurfarbig. Wurden die so behandelten, entfärbten Reste aufgetrocknet und mit Meyer's Jodlösung behandelt, so wurden die Körner im Anfangsstadium theils mehr weinroth, theils entschieden blau. Nach kurzer Zeit begannen jedoch sämmtliche Körner sich auffallend stärker zu bläuen, wurden theils intensiv blau theils purpurfarbig, wobei beobachtet ward, dass um die grösseren Körnerpartien ein bräunlicher Hof in der Flüssigkeit auftrat, also eine braungefärbte Substanz in Lösung ging. Wurde das Präparat nun auf dem Wasserbad erhitzt, so erzielte man bei dem grössten Theil der Körner eine schöne und intensiv rein berlinerblaue Farbe.

Die eben angegebenen Erfahrungen über die Bläuung der mit Jod eingetrockneten Reste bei längerer Einwirkung von Meyer's Jodjodkalilösung sind jedoch ohne die anfänglich vermuthete Bedeutung, da die weitere Verfolgung des Gegenstandes ergab, dass die Reste überhaupt bei längerer Einwirkung der unverdünnten Meyer'schen Jodlösung intensiv gebläut werden. Setzt man nämlich zu den auf dem Objektträger aufgetrockneten Resten direkt reine Lösung, so werden sie zuerst rein und schön rostbraun; sehr bald jedoch beginnt die Bläuung, welche eigenthümlicher Weise häufig in der centralen Partie beginnt und gegen die Peripherie fortschreitet. Schon nach wenigen Stunden sind alle Körner blau oder doch stark gebläut. Nach 24 h. sind sie sämmtlich schön und zum Theil recht intensiv berlinerblau. Dabei geht auch ein Theil der gebildeten Amylose in Lösung, da die Flüssigkeit um die Reste allmählich blau wird und nach 24 h. ziemlich viel blaues Gerinnsel enthält. Die Intensität der Farbe der einzelnen Reste ist recht verschieden, was wohl mit ihrer sehr verschiedenen Dichte zusammenhängt. Als nach 48stündiger Behandlung mit Wasser ausgewaschen wurde, ging die blau gefärbte Substanz der Reste in Menge gelöst ab. Schliesslich wurde der letzte Rest von Jod durch Alkohol entfernt und hierauf schwache Jodtinktur zugesetzt, die bräunlich bis röthlich und nur hie und da eine Spur bläulich färbte. Darauf von Neuem die Reste in unverdünnte Meyer'sche Jodlösung versetzt, ergab genau das gleiche Resultat wie zuvor, d. h. die zuerst rein braunen bis braunrothen Reste, wurden in 24 h. sämmtlich rein blau. Auch dieser Versuch dürfte daher wohl sicher erweisen, dass unter dem Einfluss der starken Jodlösung aus den Resten ein in Wasser löslicher, sich intensiv blaufärbender Stoff gebildet wird, den wir nach unseren Kenntnissen doch nur als wasserlösliche Amylose betrachten können.

Ein weiterer Versuch, bei dem eine ansehnliche Portion der Reste mit starker Jodtinktur im Wärmeschrank bei 54° eingetrocknet, worauf die Trocknung unter Zufügen von etwas neuer Tinktur ein zweites Mal wiederholt wurde, ergab bei der darauffolgenden Behandlung mit Wasser eine beträchtliche Lösung der Reste. Die Lösung war nach Abdunsten des überschüssigen Jods tief und rein blau gefärbt und hinterliess beim Eintrocknen einen tief blauen bis blauvioletten Rückstand, dem das Jod selbst mit siedendem Alkohol nicht zu entziehen war. Der Rückstand wurde daher einige Stunden auf 110° im Wärmeschrank erhitzt, worauf das Jod verdunstet war. Bei der Behandlung mit einer mässigen Menge Wasser löst er sich zu einer etwas gelbbraunen Flüssigkeit. Dieselbe wurde in einem Reagenzglas

ausgefroren, wobei sich eine mässige Menge von Amylose ganz in der gewöhnlichen Form von Lamellen, kolbigen Fäden und vielen Körnern ausschied. Mit Jodtinktur färbten sich diese Gebilde schön blau bis blauviolett. Die ursprüngliche blaue Lösung hinterliess beim Eintrocknen auf dem Objektträger blaue, wabig strukturirte Masse und darunter auch kugelige Gebilde, die an Sphären erinnerten, jedoch keine Polarisation zeigten.

Der geschilderte Versuch beweist noch bestimmter, dass beim Eintrocknen der Reste mit Jod lösliche, sich mit Jod blaufärbende Amylose gebildet wird, die sich auch beim Ausfrieren der Lösung genau so verhält wie die gewöhnliche Lösung der sog. β-Amylose.

Chloralhydrat und Chlorcalcium. Wie zu erwarten, quellen die Reste weder in konzentrirter Lösung von Chloralhydrat noch solcher von Chlorcalcium. Dagegen färbten sie sich nach der Behandlung mit der letzteren Lösung mit schwacher Jodtinktur und daraufffolgendem Zusatz von Meyer's Jodlösung zunächst stärker röthlichbraun wie früher, hierauf stark blauviolett bis indigoblau. Bei nochmaligem Zusatz von Chlorcalciumlösung wird der grösste Theil der Körner intensiv blauviolett. Am nächsten Tag waren die Körner intensiv indigoblau. Jedenfalls fördert daher die Behandlung mit Chlorcalcium die Blaufärbung der Reste; doch stammt die Beobachtung aus der Zeit, wo mir die schöne Blaufärbung durch längere Behandlung mit Jodjodkaliumlösung nicht bekannt war, weshalb der Antheil, der dieser bei der Bläuung zukam, nicht hinreichend sicher ist. Gleichzeitig wurde beobachtet, dass die Chlorcalciumlösung bei längerer Einwirkung die Reste löst, denn nach eintägiger Behandlung waren viele Reste nur noch als Fragmente vorhanden, meist nur noch das Centrum mit einigen Schichten darum, welche jedoch selbst häufig nur theilweise erhalten waren (s. Textfig. 88 p. 311). Ich werde auf diese zum Theil zerstörten Körner weiter unten nochmals zurückkommen, da sie wichtige Aufschlüsse über die Struktur ergaben.

Speichelskelette der Arrow-root-Körner. In filtrirtem, mit etwas Chloroform versetztem Speichel bei 40° dargestellte Skelette färbten sich mit Meyer's Jodlösung fast nicht, nur schwach gelblich bis bräunlich. Vorsichtiger Zusatz von ½ Schwefelsäure ergab hübsche Blaufärbung, die bei den substanzarmen Resten natürlich nicht sehr intensiv war. Die Farbe war meist indigoblau, seltener mehr berlinerblau. Bei vorsichtigem Zusatz von Chlorzinkjod zu in Wasser befindlichen Skeletten trat schon Lösung auf, bevor eine andere Färbung sich zeigte. Die scheinbar unveränderten Reste des Stärkekornes, welche sich zuweilen im Centrum der Skelette noch fanden, färbten sich mit Chlorzinkjod zuerst rein braun, später braunviolett, sie waren daher jedenfalls auch schon etwas verändert.

7. Lösung der aus Arrow-root-Körnern durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure dargestellten Stärkereste in Wasser bei 145° und daraus erhaltene Sphärokrystalle.

Die sehr gut, zuletzt mit ammoniakhaltigem Wasser ausgewaschenen Stärkereste, deren Bereitung auf p. 283 angegeben ist, wurden mit ziemlich viel Wasser

im zugeschmolzenen Rohr 5 Minuten auf 145 ° erhitzt. Die erhaltene Lösung war ein wenig trübe und setzte über Nacht einen geringen flockigen Bodensatz ab, der sich als ein zartes globulitisches Gerinnsel erwies. Von den ursprünglichen Resten war keine Spur mehr erhalten. Die filtrirte Lösung hatte einen Stich ins Gelbbräunliche.

Nach A. Meyer (1895) soll die bereitete Lösung der Reste (α-Amylose) identisch sein mit der der β-Amylose, resp. der aus den unveränderten Stärkekörnern bei 140 ° bereiteten. Die von mir dargestellte Lösung färbte sich bei Zusatz von Jodtinktur tief violettblau, wobei sich reichlich blaues Gerinnsel ausschied; bei fortgesetztem Jodzusatz wurde sie schliesslich schmutzig-rostbraun. Ein mit Jod versetzter Tropfen ergab beim Eintrocknen auf dem Porzellandeckel schliesslich einen rostbraunen Rückstand, der bei Wasserzusatz wieder schön violettblau wurde. Mit viel absolutem Alkohol gab die Lösung starke Fällung, mit Tanninlösung schwächere, mit 5 % Bleizuckerlösung dagegen keine.

Beim Eintrocknen der Lösung auf dem Objektträger traten zuerst feinste, in Molekularbewegung tanzende Globuliten auf, die sich an dem eintrocknenden Rand zunächst zu kleinen Sphären vereinigten, die ihrerseits wieder zu unregelmässigen Aggregaten verwuchsen oder verschmolzen. Wird das Eintrocknen durch Bedecken mit einem Uhrglas verlangsamt, so finden sich im Rückstand auch sehr schöne strahlige Sphärenscheiben, die wie jene des Amylodextrins ein schief zu den Polarisationsebenen orientirtes Kreuz zeigen, daneben jedoch auch viele Sphärenscheiben mit unregelmässiger Farbenvertheilung bei Untersuchung mit dem Gypsplättchen.

Beim Eintrocknen der Lösung mit dem gleichen Volum 5 % Gelatinelösung erhält man eine sehr grosse Menge schöner Sphären von kleinster bis ziemlich ansehnlicher Grösse, starker Lichtbrechung und sehr kräftiger Polarisation. Sie geben sämmtlich ein ganz regelmässiges orthogonales Kreuz, positive Farbenvertheilung wie die Stärkekörner und ähnliche Intensität der Farben. Ihre Oberfläche ist fast stets schön glatt.

Jodfärbung. Bei Zusatz schwach brauner Jodtinktur färben sich die Sphären zuerst weinroth, ganz ähnlich den Resten, darauf bei vermehrter Jodwirkung rostbraun bis mehr kaffeebraun. Gleichzeitig treten im Innern der Sphären zerstreute, vereinzelte oder reichlicher vorhandene Körnchen hervor, die sich mit Jod rein und intensiv blau färben, ähnlich wie dies für die B-Körner oben (p. 273) geschildert wurde und auch bei den aus der Zulkowsky'schen Stärke gewonnenen Körnern wiederkehrt (siehe p. 292). Daraus folgt, dass die vorliegenden Sphären nicht aus einer einheitlichen Substanz bestehen, sondern dass eine sich rein blau färbende Amylosesubstanz in sie eingelagert ist.

Werden die braungefärbten Sphären mit Wasser ausgewaschen, so schwindet die braune Farbe relativ sehr schnell, und es bleiben nur die Einschlüsse, welche das Jod viel fester halten, blau gefärbt.

Lässt man die Sphären einige Stunden unter Jodtinktur in der feuchten Kammer stehen, so ändert sich ihre braune Farbe in veilchenblau bis violettblau um.

Werden die jodgefärbten Sphären auf dem Wasserbad etwas erhitzt, so nehmen sie eine intensiv berlinerblaue Farbe an, die beträchtlich stärker ist als die

vorherige braune. Wird die Erhitzung noch weiter fortgesetzt, so löst sich der grösste Theil der Substanz der Sphären auf, was auch daran zu erkennen ist, dass sich in ihrem Umkreis eine weinrothe bis bräunliche Lösung bildet. Die zurückbleibenden, intensiv blau gefärbten Reste der Sphären sind hohle blasenartige Gebilde, die aus einer ziemlich dicken, intensiv blauen Hülle bestehen, in deren Hohlraum sich die früher erwähnten blauen Körnchen erhalten haben. Häufig kann man wahrnehmen, dass ein netziges, blaugefärbtes zartes Gerüstwerk den Hohlraum durchzieht und die blauen Körnchen suspendirt hält. Letztere zeigen auch fast nie Molekularbewegung, wie es der Fall sein müsste, wenn sie frei in der Flüssigkeit des Hohlraumes lägen. Bei dieser theilweisen Lösung werden die Sphären häufig stark deformirt, sind mehr oder weniger verschrumpft, ja zum Theil fädig ausgezogen und zerrissen, was wahrscheinlich durch Strömungen in der Flüssigkeit verursacht wird.

Ganz das gleiche Resultat wird erzielt, wenn man die Sphären in einem Röhrchen einige Zeit mit schwacher Jodtinktur erhitzt. In diesem Fall beobachtete ich jedoch häufig Molekularbewegung der im Hohlraum der Hüllen zurückgebliebenen blauen Körner.

Werden die Sphären mit Wasser erhitzt, so tritt, wie schon nach dem Bemerkten zu erwarten, scheinbar völlige Lösung ein. Die Flüssigkeit färbt sich bei Jodzusatz blauviolett. Dennoch gelingt es mit Hilfe der Jodfärbung leicht nachzuweisen, dass auch nach 20 Minuten langem Erhitzen auf dem Wasserbad die Hüllen der Sphären noch vorhanden sind, obgleich vielfach stark deformirt. Sie färben sich mit Jodtinktur gut blauviolett. Ganz eigenthümliche Resultate ergab die weitere Untersuchung dieser blau gefärbten Hüllen. Wurden sie so lange mit Wasser ausgewaschen, bis die blaue Farbe ganz verschwunden war, und hierauf wieder schwache Jodtinktur zugegeben, so färbten sie sich nun sämmtlich gelb ohne jede Spur von Blau. Ein früherer Versuch dagegen, bei dem zur Entfernung des Jods Alkohol angewendet worden war, hatte ergeben, dass die entfärbten Hüllen mit Jod wieder blau wurden; in diesem Fall war daher die mit Jod sich bläuende Substanz durch den Alkohol wohl nicht gelöst worden, während dies in Wasser geschieht. Wir werden gleich sehen, dass dies eigenthümliche Ergebniss auch durch die weiteren Erfahrungen bestätigt wird.

Setzt man zu den mit schwacher Jodtinktur gefärbten Sphären vorsichtig $^1/_2$ Schwefelsäure, so geht die braune Farbe durch Braunviolett successive in Blauviolett und schliesslich in tiefes Blau über. Dabei treten radiale Zerklüftungen und schliesslich auch eine centrale Höhle in den Körnern auf, d. h. Quellungserscheinungen. Die Abscheidung von blauem Gerinnsel in der Flüssigkeit weist auch darauf hin, dass viel in Lösung gegangen ist.

Zusatz von Chlorzinkjod färbt die Sphären zuerst schwach, dann dunkel braun, wobei um sie viel blaues Gerinnsel auftritt Darauf geht die Farbe in reines und tiefes Blau über. Die blauen Sphären sind theils hohl geworden, theils dagegen ganz solid und tief schwarzblau. Wird darauf mit Wasser ausgewaschen, so geht die Farbe rasch verloren, und es bleiben von den Körnern nur ganz leere hohle, blasse Hüllen zurück, die sich mit schwacher Jodtinktur höchstens bräunlich färben und selbst mit Chlorzinkjod ihre Farbe nicht verändern. — Behandlung der

auf dem Objektträger aufgetrockneten Sphären mit unverdünnter Jodjodkalilösung (Meyer'scher Lösung) ergiebt, dass sie sich sofort tief braun färben, wobei in ihrer Umgebung gleichzeitig braunrothe Lösung auftritt. Nach verhältnissmässig kurzer Dauer der Einwirkung sind jedoch alle Sphären schön und tief blau geworden, und in der Flüssigkeit ist viel blaues Gerinnsel aufgetreten. Nach 24stündiger Einwirkung war die Lösung um die Sphären schön blau gefärbt, alle Sphären selbst rein berlinerblau. Wurde hierauf mit Wasser ausgewaschen, so ging alles Blau gefärbte rasch in Lösung, so dass nach drei bis viermaligem Durchleiten von Wasser völlige Entfärbung eingetreten war. Sämmtliche Sphären waren nun zu ganz blassen Hohlkugeln geworden, d. h. nur noch die vorhin geschilderten Hüllen vorhanden, alles übrige völlig gelöst. Mit Jodtinktur färbten sich diese Hüllen nun wiederum nur rein gelb und auch bei Zusatz konzentrirter Schwefelsäure liess sich mit Sicherheit keine Bläuung erzielen.

Die Umwandlung der Sphärensubstanz durch Jodjodkalium schreitet allmählich von aussen gegen das Centrum fort; daher rührt es, dass man beim Auswaschen mit Wasser, wenn die Umwandlung noch nicht völlig vollzogen ist, in der Regel einen centralen Kern der Sphären beobachtet, welcher sich länger blau gefärbt erhält. Dies ist der noch nicht umgewandelte Theil der Sphären, der sich auch nach völliger Entfernung des Jods wieder braun färbt, nicht blau. Auch hier ergab schliesslich die Prüfung der Einwirkung reiner Jodkaliumlösung, dass diese keine Veränderung der Sphärensubstanz hervorruft; die daranffolgende Jodfärbung wird dadurch nicht alterirt.

Einwirkung von Speichel bewirkt nach ca. 24 Stunden völlige Lösung der Sphärensubstanz; erhalten bleiben nur die Hüllen und hie und da noch ein centraler kernartiger Rest der ursprünglichen Substanz, der sich mit Jodtinktur violettbraun färbt. Auch diese Hüllen färbten sich mit Jodtinktur bei starkem Ueberschuss nur gelbbraun und selbst nach mehrtägiger Einwirkung von ½ Schwefelsäure nur tief rostbraun. Dabei quollen sie sichtlich auf. Auch 78 % Schwefelsäure brachte keine Bläuung der Hüllen hervor, löste sie dagegen schliesslich unter Quellung auf.

Aus den mitgetheilten Ergebnissen folgt, dass die betreffenden Sphären zum mindesten aus drei verschiedenen Substanzen zusammengesetzt sind.

1. Der Hauptmasse nach aus einer in heissem Wasser leicht löslichen Substanz, die sich mit Jod braun färbt und deren Lösung mit Jod ebenfalls braunroth bis weinroth wird. Durch Jod und Schwefelsäure, Jodjodkalium und Chlorzinkjod wird sie jedoch in eine sich stark blau färbende in Wasser leicht lösliche Amylose übergeführt. Auch von Speichel wird die Substanz leicht gelöst. Alle diese Reaktionen sprechen dafür, dass diese Substanz, welche die Hauptmasse der Sphären bildet, Amylodextrin ist, vielleicht noch gemischt mit einer Modifikation, die sich durch Jod stärker braun oder roth färbt, da ja das reine feste Amylodextrin sich mit Jod nur äusserst wenig tingirt.

2. Findet sich in geringerer Menge eingeschlossen in den Sphären Amylose in Form von Körnchen, die sich mit Jod direkt und intensiv bläuen. Wahrscheinlich durchdringt jedoch die Amylose die Sphären in Form eines feinen Fachwerks noch weiter, worauf die Ergebnisse beim Erhitzen der jodgefärbten Sphären in

Wasser hinweisen. Ebenso betheiligt sie sich auch an der Bildung der Hülle, wobei nur seltsam ist, dass unter diesen Verhältnissen die Hülle an den einfach jodgefärbten Sphären nicht als solche durch abweichende Färbung zu unterscheiden ist.

3. Eine Substanz der Hülle, die nach Behandlung mit Speichel, Jodjodkaliumlösung, Chlorzinkjod, Erhitzen der jodgefärbten Sphären in Wasser und Auswaschen mit Wasser zurückbleibt und sich weder durch Jod, noch durch Jod- und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod blau färben lässt, sondern braune Farbe annimmt. Ueber die chemische Natur dieser Hülle, die schwerlich als ein Umwandlungsprodukt der Hauptsubstanz der Sphären angesehen werden kann, vermag ich keine Vermuthung zu äussern.

Da die Untersuchung demnach ergab, dass die fraglichen Sphären ihrer Hauptmasse nach aus Amylodextrin bestehen dürften, suchte ich diesen Schluss noch dadurch zu sichern, das ich reineres Amylodextrin aus ihnen darstellte. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Portionen der Sphären mit Alkohol in der Siedhitze behandelt. Dabei ergab sich, dass 35 % und ebenso 50 % Alkohol fast alles löst. Aus der Lösung in 35 % Alkohol wurden beim Verdunsten wieder Sphären erhalten, die sich bei der Jodfärbung fast ganz so verhielten wie die ursprünglichen und namentlich auch sich blaufärbende Körnchen einschlossen. Neben ihnen fand sich jedoch auch viel blaues Gerinnsel.

Aehnlich war auch das Resultat mit 50 % Alkohol; die sich blaufärbende Masse zwischen den Sphären war hier so reichlich vorhanden, dass die Annahme kaum von der Hand zu weisen ist, dass sich beim Kochen mit 50 % Alkohol der grössere Theil dieser Substanz gebildet hat.

Erst die Behandlung mit viel 75 % Alkohol ergab ein sicheres Resultat. Es ging dabei nur sehr wenig in Lösung. Die filtrirte Lösung hinterliess beim Verdunsten einen geringen Rückstand, der sich bei mikroskopischer Untersuchung aus kleinen Sphären bestehend erwies, die gut positiv polarisirten mit stets verzogenem orthogonalem Kreuz. Mit Jodtinktur färbten sie sich nur sehr schwach g e l b l i c h - b r ä u n l i c h, ohne Spur irgend welcher blauer Einschlüsse und bei vorsichtigem Zusatz von ½ Schwefelsäure gelang es nach 24 Stunden, viele prachtvoll berlinerblaue Sphären und Sphärengruppen zu beobachten, neben reichlichem blauem Gerinnsel in der Flüssigkeit. In kaltem Wasser waren diese Sphären unlöslich, in heissem dagegen leicht.

Wenn wir die von mir weiter unten (p. 294) angegebenen Reaktionen des Amylodextrins vergleichen, so unterliegt es keiner Frage, dass die durch 75 % Alkohol extrahirte Substanz reines Amylodextrin war und dass daher die Bestimmung der Hauptsubstanz der Sphären als Amylodextrin richtig ist.

8. Entsprechende Sphären aus der sog. löslichen Stärke Zulkowsky's dargestellt.

Schon in meiner vorläufigen Mittheilung aus dem Jahre 1896 berichtete ich (p. 15), dass beim Eintrocknen eines Gemisches der Wasserlösung Z u l k o w s k y-scher Stärke mit gleichem Volumen 5 % Gelatine reichliche Mengen kleiner

Sphären erhalten wurden, von denen ich, ihrer abweichenden Eigenschaften wegen, bemerkte (p. 16), dass „sie sich jedenfalls dem Amylodextrin nähern".

Die sog. Zulkowsky'sche Stärke, die von Kahlbaum bezogen und von deren Gerinnungsstrukturen schon oben (p. 69) die Rede war, wird durch halbstündiges Erhitzen von Kartoffelstärke mit dem ca. 15fachen Gewicht Glycerin auf 190° C. bereitet, darauf die gelöste Stärke durch Alkohol aus der Lösung abgeschieden, ausgewaschen und eventuell, nach der Wiederauflösung in Wasser, zur Reinigung ein zweites Mal mit Alkohol gefällt. Das unter Alkohol aufbewahrte Präparat löst sich in kaltem und heissem Wasser leicht und ganz klar auf; die Lösung ist nur eine Spur gelblich und filtrirt so leicht wie Wasser. Schon in der vorläufigen Mittheilung bemerkte ich, dass „sie" (die Lösung) im Gegensatz zu der durch Kochen der Stärkekörner in Wasser hergestellten „von dieser Löslichkeit auch bei wiederholtem Eindampfen nichts verliert". Von der Richtigkeit dieser Angabe habe ich mich durch spätere Wiederholung der Versuche mehrfach überzeugt. Die glasige Masse, welche beim Eindampfen auf dem Wasserbad zurückbleibt, löst sich schon in kaltem Wasser bis auf Spuren völlig auf, und dies lässt sich vielfach wiederholen. Bei der nachträglichen Durchsicht von Zulkowsky's Arbeit (1880) war ich daher erstaunt über die Angabe, dass sein Präparat beim Eintrocknen der Wasserlösung unlöslich werde. Bei genauerem Zusehen klärte sich dieser Widerspruch bald auf, indem sich eigenthümlicher Weise ergab, dass der durch Eintrocknen bei gewöhnlicher Temperatur erhaltene weisse Rückstand von kaltem Wasser thatsächlich nicht oder fast nicht gelöst wird, sondern sich in Gestalt membranöser Fetzen vom Glase ablöst. Die mikroskopische Untersuchung dieser Fetzen ergab, dass sie die feinwabige Struktur ganz ausgezeichnet zeigen, welche früher (s. p. 235) für die Stärkemembranen geschildert wurde. Bei gelindem Erwärmen löst sich übrigens auch dieser Rückstand in Wasser wieder völlig.

Die Lösung wird mit wenig Jod schön blau, mit mehr purpurfarbig (etwa wie Rothwein) und bei noch mehr Jodzusatz schliesslich braun. Um diese Farbenskala deutlich zu verfolgen, muss man jedoch recht verdünnte Lösungen nehmen, da die Farbenunterschiede sonst nicht genügend hervortreten. Beim Abdunsten des Jods verläuft die Farbenwandlung in umgekehrter Folge. Auf dem Porzellandeckel scheidet sich dabei viel blaues Gerinnsel aus; der eingetrocknete Rest wird schliesslich schön braun und bei Uebergiessen mit Wasser wieder blau. — Schon diese Jodreaktionen machen es sicher, dass zwei, sich mit Jod verschieden färbende Substanzen vorliegen, wofür auch die weiteren Erfahrungen sprechen.

Die durch Eintrocknen mit 5% Gelatine reichlich gewonnenen, meist kleinen Sphären verhalten sich bezüglich ihrer Jodreaktion und ihrer Löslichkeit ganz ebenso wie die aus der Lösung der Arrow root-Reste dargestellten (s. p. 288). Sie färben sich mit Jodtinktur schön röthlichbraun bis rostbraun und enthalten mehr oder weniger reichlich blau gefärbte Amylosekörnchen (s. Textfig. 86). Zwischen den Sphären finden sich relativ wenige Fetzchen wabig-globulitischer Stärke, die sich mit Jod blau färben. Mit Jodjodkaliumlösung dagegen fanden sich unter den braunen Sphären auch viel braunviolette bis blauviolette und veilchenblaue. Da ich bei der Untersuchung dieser Sphären die eigenthümliche Wirkung der Jodjodkaliumlösung auf Amylodextrin noch nicht kannte, so halte ich es für sehr wahrscheinlich, dass diese Wirkung auf einer

Umänderung beruhte und dass die Sphären bei längerer Einwirkung ganz gebläut worden wären.

Die mit Jodtinktur gebräunten Sphären werden bei Zusatz von $^1/_3$ Schwefelsäure dunkler, darauf rothviolett bis purpurfarbig bis höchstens veilchenblau. Geeignetere Art der Anwendung der Schwefelsäure hätte jedoch wohl auch ganz blaue Färbung ergeben. Im Polarisationsapparat geben sie ein positives orthogonales Kreuz.

Obgleich die Untersuchung der Sphären nicht so eingehend durchgeführt wurde als für die aus den Arrow-root-Resten dargestellten, so darf doch wohl mit Sicherheit behauptet werden, dass beiderlei Sphären im Wesentlichen identisch sind und dass daher auch die der Zulkowsky'schen Stärke in der Hauptmasse aus Amylodextrin bestehen. Hieraus folgt, dass die Zulkowsky'sche Stärke neben Amylose auch viel Amylodextrin enthält, wie dies A. Meyer schon vermuthet hatte (1896 p. 28).

Um diese Frage genauer zu prüfen, wurde eine Portion der Zulkowsky'-

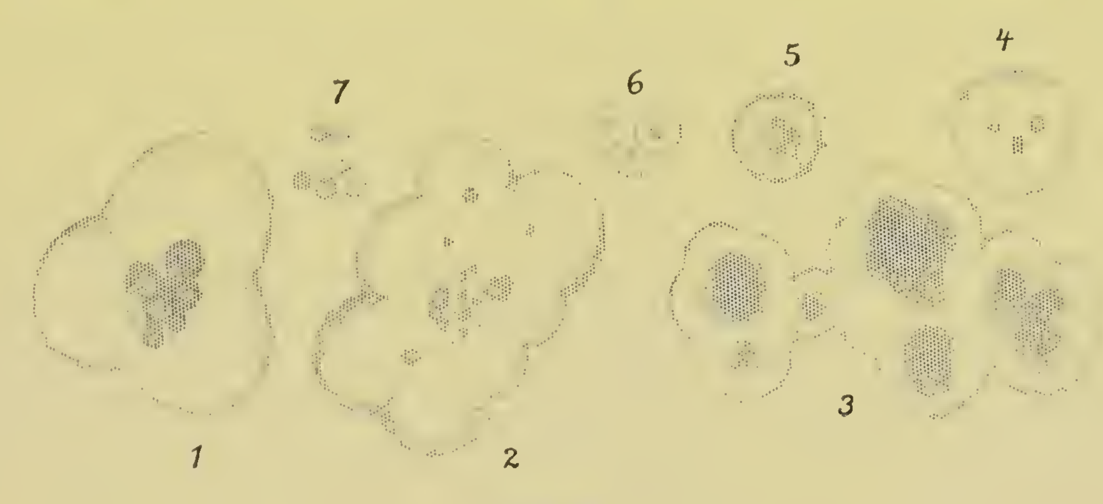


Fig. 86.

Sphären verschiedener Grösse durch Eintrocknen von Lösung der Zulkowsky'schen Stärke mit = Volum 5 % Gelatinelösung bei 40° hergestellt. Mit Jodtinktur gefärbt. Die dunkeln inneren Körner oder Kerne intensiv blau, die Hauptmasse der Sphären licht rostbraun. Die kleinen Körperchen 7 veilchen- bis indigoblau. 5 rein braun. Struktur wenig deutlich. Obj. 2. Oc. 12.

schen Stärke mit 60 % Alkohol auf dem Wasserbad längere Zeit ausgekocht, wobei ziemlich viel gelöst wird. Die Lösung (a) ergab, nach dem Verjagen des Alkohols und ziemlicher Konzentrirung, mit Jod rein weinrothe bis rostbraune Färbung und hinterliess beim Eintrocknen auf dem Objektträger einen Rückstand, dessen Rand aus Sphären bestand, die sich mit Jodtinktur nur schwach gelbbraun färbten; doch enthielten viele Sphären im Centrum noch rothviolette Körnchen. Die Lösung (a) wurde darauf nochmals mit absolutem Alkohol bis zur Trübung versetzt, einige Zeit stehen gelassen und darauf filtrirt. Eingedunstet hinterliess sie nun einen farblosen syrupartigen Rückstand und an dessen Rand weissliche trockene Masse. Der Syrup, der zweifellos Dextrin ist, löste sich in kaltem Wasser leicht auf, während der weissliche Rückstand darin ungelöst blieb. Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigte sich letzterer bestehend aus Sphärokrystallen, die sich mit Jodtinktur nur ganz schwach gelblichbraun färbten und bei Zusatz von $^1/_2$ Schwefelsäure blau wurden, die daher als Amylodextrin anzusprechen sind. (Vergl. d. folg. Abschn. 9).

Unsere Erfahrungen führen uns also zu dem Schluss, dass die sog. lösliche

Stärke Zulkowsky's ein Gemenge von mindestens drei Substanzen ist, nämlich von eigentlicher Stärke oder Amylose (β-Amylose nach A. Meyer), von Amylodextrin und von Dextrin.

Wie schon oben bemerkt wurde, hat A. Meyer das Vorhandensein von Amylodextrin in dem Zulkowsky'schen Präparat schon vermuthet, ohne zwar die Zulkowsky'sche Stärke selbst untersucht zu haben, indem er p. 28 angiebt, dass sie „sicher grösstentheils aus β-Amylose" bestehe[1]), aber wahrscheinlich auch Amylodextrin enthalte". Wie gesagt, enthält sie nach meinen Erfahrungen neben dieser Verbindung auch noch ziemliche Mengen von Dextrin.

9. Einige Bemerkungen über die Reaktionen des Amylodextrins.

Da A. Meyer (1896) behauptet, dass die von mir aus Stärkelösungen dargestellten Sphärokrystalle aus einem Gemisch von Amylodextrin und amorpher β-Amylose bestünden, dass sie also ihre sphärokrystallinische Natur allein dem Amylodextrin verdankten, mit anderen Worten, dass sie Amylodextrinsphären seien, welche durch eingelagerte amorphe β-Amylose stark verunreinigt sind, sah ich mich gegen meine Neigung gezwungen, das sog. Amylodextrin genauer anzusehen.

Die von mir untersuchte Substanz wurde in folgender Weise auf Grund des über die Amylodextrindarstellung von A. Meyer und seinen Vorgängern Angegebenen gewonnen. 200 g Kartoffelstärke wurden mit 1500 g 12 % Salzsäure in einem grossen Kolben bei 44° unter häufigem Umschütteln fünf Tage lang behandelt, wobei sich der Rückstand an Volumen wesentlich vermindert hatte. Nach sorgfältigem Auswaschen durch Dekantiren und schliesslich auf dem Filter wurde der Rückstand mit viel Wasser, in das jedoch durch Versehen etwas (ca. 30—40 %) Alkohol gelangt war, auf freiem Feuer etwa drei Stunden gekocht, wobei nur ein Theil des Rückstands in Lösung ging. Die filtrirte Flüssigkeit wurde auf dem Wasserbad zur Trockne eingedampft und der relativ geringe Rückstand mit ziemlich viel 75 % Alkohol ausgekocht, die Lösung filtrirt und langsam eingedunstet, ergab einen geringen Rückstand (1). Das von dem 75 % Alkohol nicht Gelöste wurde darauf wieder in etwas Wasser durch Erwärmen gelöst (a) und ein Theil dieser Lösung mit soviel 95 % Alkohol versetzt, dass der Alkoholgehalt 70 % betrug. Dabei trat ziemlich reichliche Fällung ein, von der nach einigem Kochen abfiltrirt wurde. Die so erhaltene Lösung wurde langsam eingedampft und hinterliess gleichfalls eine geringe Menge eines weissen Rückstands (2).

Der Rest der wässerigen Lösung (a) wurde durch Eindampfen stark konzentrirt und darauf das gleiche Volumen absoluten Alkohols im Reagenzröhrchen aufgeschichtet. Auf der Grenze der beiden Flüssigkeiten trat starke Trübung auf, die jedoch allmählich verschwand; nach 24 Stunden fand sich ein mässiger Bodensatz (3) vor. Von diesem wurde die Flüssigkeit abgegossen und in einem Reagenzröhrchen wiederum das doppelte Volum absoluten Alkohols aufgeschichtet. Auch hier verlor sich die auf der Grenze der beiden Flüssigkeiten zuerst aufgetretene Trübung allmählich wieder und nach 24 Stunden hatte sich ein reichlicher weisser Bodensatz gebildet (4).

[1]) Also eine β-Amylose, die schon in kaltem Wasser ausgezeichnet löslich ist!

Die Untersuchung der aus der nicht weiter gereinigten wässerigen Lösung (a), die sich mit Jodtinktur roth bis rothbraun färbte, durch Eindampfen erhaltenen schönen Sphärokrystalle zeigte, dass dieselben nicht aus reinem Amylodextrin bestanden, sondern noch durch eine sich mit Jod roth färbende Substanz verunreinigt waren. Die eigentliche Substanz dieser Sphären färbte sich mit Jodtinktur fast nicht, höchstens schwach gelbbräunlich, wie dies ja für das Amylodextrin gilt; sie enthielt jedoch mehr oder weniger reichlich Körnchen eingelagert, die sich mit Jodtinktur schön roth färbten, so dass dickere Schichten der Sphären ganz roth erschienen. Zwischen den Sphären, d. h. frei, waren die sich roth färbenden Körnchen kaum vorhanden. Die durch Jod roth gefärbten Körnchen werden bei Behandlung mit $^1/_2$ Schwefelsäure schön blau.

Durch Lösung dieser verunreinigten Sphären in viel kaltem Wasser lässt sich die roth färbende Substanz nicht entfernen; die durch Wiedereindampfen der Lösung erhaltenen Sphären zeigten sich in derselben Weise durch die rothen Körnchen verunreinigt.

Die stark konzentrirte Lösung (a) zeigte, wie hier bemerkt werden mag, das charakteristische Verhalten der Amylodextrinlösungen, sie gab mit Barytwasser starke Fällung, mit Tanninlösung dagegen keine und mit Bleiessig nur schwache Trübung, die sich bei weiterem Zusatz wieder völlig löste.

Die Rückstände, resp. Absätze 1, 2 und 4, bei deren Herstellung Alkohol verwendet worden, erwiesen sich dagegen als ganz reine Substanz, ohne durch Jod nachweisbare Verunreinigungen. Der Rückstand 4, der durch wiederholte Alkoholfällung aus der Lösung (a) gewonnen war, bestand aus den schönsten, zum Theil sogar ziemlich grossen Sphären von rein strahligem Bau, starker Polarisation (orthogonales Kreuz, positiv). Auch die Rückstände 1 und 2 bestehen aus Sphärokrystallen, die jedoch wenig deutlich strukturirt und klein sind.

Die Reaktionen der Sphären von 1, 2 und 4 sind, wie sich auch aus der Art ihrer Gewinnung und den Eigenschaften ihrer Wasserlösung ergiebt, die des Amylodextrins; jedoch finde ich gegenüber den Angaben der früheren Beobachter diese Eigenschaften in vieler Hinsicht so eigenthümlich, dass dadurch meines Erachtens die seitherige Auffassung des sog. Amylodextrins in seiner Beziehung zur Amylose in Frage gezogen wird.

In kaltem Wasser sind die Sphären sehr wenig löslich, dagegen leicht in erwärmtem, wie dies für Amylodextrin gilt. Bei Zusatz schwacher Jodtinktur zu den in Wasser befindlichen Sphären ist nur eine ganz schwach gelbliche Färbung zu erzielen. Jede Spur der sich rothfärbenden Substanz fehlte bei den auf die drei angegebenen Arten dargestellten Sphären, so dass sie sicher als rein zu erachten sind.

Die Sphären 4 ergaben nach Auftrocknung auf dem Objektträger und Behandlung mit schwacher Jodtinktur eine schwach bräunliche Färbung, wogegen sie sich in Wasser untersucht mit Jodtinktur fast nicht färbten.

Wird zu den mit schwacher Jodtinktur behandelten Sphären (4) $^1/_2$ Schwefelsäure vorsichtig gegeben, so tritt in der Flüssigkeit sofort viel blaues Gerinnsel auf und in den Sphären ein sich tief blau färbender centraler Kern, doch färbt sich auch die übrige Masse der Sphären blau, wenn auch schwächer. Die Schwefelsäure

bewirkt ein deutliches Hervortreten der Radiärstruktur der Sphären und nach längerer Einwirkung einen Zerfall in nadelartige Gebilde, die sich schliesslich ihrerseits in Körnchen zerlegen. Nach einigen Stunden enthielt das Präparat massenhaft blaues Gerinnsel um die blau gefärbten isolirten Centren, doch auch eine Anzahl Sphären, die sich intakt erhalten haben und durch und durch intensiv blau waren.

Mit den Sphären der Rückstände 1 und 2 gelang diese Reaktion mit Jod und Schwefelsäure nicht oder nicht gut. Mit 1 gar nicht; die Sphären 2 wurden dagegen nur stellenweise und schwach blau. Da jedoch die übrigen gleich aufzuzählenden Reaktionen sämmtlicher drei Sphärensorten völlig übereinstimmen, kann ich diesem Ausbleiben der Reaktion bei 1 keine besondere Bedeutung zuschreiben, sondern muss hierin eher eine Zufälligkeit erblicken.

Werden die Sphären auf dem Objektträger aufgetrocknet und darauf am Rand des Deckglases etwas Jodjodkaliumlösung zugegeben, so dass nur ein Theil der Sphären von der Lösung bedeckt ist, so tritt sofort in der zugesetzten Lösung blaues Gerinnsel auf, und da, wo die Jodjodkaliumlösung zwischen den Sphären langsam vorwärts kriecht, bildet sich intensiv blau gefärbte Masse um die Sphären. Wo letztere, wie namentlich an den Rändern der aufgetrockneten Masse, dicht liegen, wird alles ganz intensiv blau. Doch finden sich auch Sphären, die in ihrer ganzen Masse tief blau gefärbt sind. Dagegen blieben die Sphären 1 und 2, wenn sie in der Jodjodkaliumlösung selbst lagen, ungefärbt, vermuthlich deshalb, weil die sich bläuende Substanz hier in Lösung geht. Bei den grösseren Sphären 4 tritt unter der Jodjodkaliumwirkung, ebenso wie oben für die Behandlung mit Jod und Schwefelsäure geschildert wurde, die Bildung eines intensiv blau gefärbten Kernes prächtig hervor, und zwar nicht nur in den Sphären, die von dem vorkriechenden Jodjodkalium erreicht werden, sondern auch in denen, welche in der Lösung liegen. Um die letzteren tritt ferner schön blaue Lösung auf. Bei längerer Behandlung mit der Jodjodkaliumlösung zerfällt der äussere nicht oder schwächer blau gefärbte Mantel der Sphären ähnlich wie in Schwefelsäure und der tief blau gefärbte Kern bleibt zurück.

Setzt man zu den auf dem Objektträger aufgetrockneten Sphären etwas Chlorzinkjod in derselben Weise, wie für die Jodjodkaliumlösung angegeben wurde, so lösen sich die vom Chlorzinkjod bedeckten Sphären zu einer braunen Lösung auf, ohne dass blaues Gerinnsel auftritt. Dagegen werden die Sphären, zwischen welchen das Chlorzinkjod vorkriecht, durch braun in violett und schliesslich in intensives blau übergeführt, wobei sich im Umkreis der Sphären blaue Masse bildet. Die Sphären 4 zeigen auch bei dieser Behandlung sehr schön die Bildung des blauen Kerns; doch trifft man auch nicht wenige, welche durch ihre gesammte Masse tief schwarzblau geworden sind.

Wenn man die oben hervorgehobene und aus den früheren Erfahrungen bekannte Thatsache, dass die in Wasser befindlichen Sphären des Amylodextrins von Jodtinktur nur schwach gelb bis höchstens bräunlich gefärbt werden, berücksichtigt, so muss es ferner sehr erstaunen, dass es ganz leicht gelingt, durch einfache Jodbehandlung eine intensiv blaue Färbung zu erzielen. Schon wenn man die aufgetrockneten Sphären mit einem Tröpfchen schwacher Jodlösung überdeckt, so dass die Ränder der aufgetrockneten Masse nicht bedeckt sind, so tritt nach

¹ Mit Jodkrystall und wenig Wasser.

kurzem Eintrocknen an den Rändern der Flüssigkeit Blaufärbung auf. Bringt man zu den auf dem Objektträger aufgetrockneten Sphären ein klein wenig festes Jod und bedeckt mit einem Deckglas, so färben sich die Sphären, wenn ganz trocken, intensiv braun. Wo sich jedoch ein wenig Feuchtigkeit um die Sphären findet, tritt schön und intensiv blau gefärbte Masse auf. Zusatz von einer Spur Wasser am Rande des Deckglases genügt, um die braun gefärbten Sphären sofort intensiv blau werden zu lassen. Dabei liess sich bei den schönen Sphären 4 mit Sicherheit beobachten, dass die blau gefärbte Substanz in den Zwischenräumen der nadelartigen Elemente der Sphären auftritt, nicht aber die eigentliche Substanz derselben sich bläut. Wurde das Präparat hierauf einige Stunden in der feuchten Kammer aufbewahrt, so waren sämmtliche Sphären tief schwarzblau, und um sie fand sich blaue Masse.

Werden die auf solche Weise blaugefärbten Sphären getrocknet, so tritt rothbraune Farbe auf, die bei Zusatz von Wasser wieder in Blau übergeht.

Aus den im Vorstehenden mitgetheilten Erfahrungen scheint mit Sicherheit hervorzugehen, dass die durch Jod, Jod- und Schwefelsäure, Jodjodkalium und Chlorzinkjod zu erzielende Blaufärbung auf einer Veränderung der Substanz des Amylodextrins beruhen muss. Hierfür spricht das reichliche Auftreten des blauen Gerinnsels bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure oder mit Jodjodkalium, ferner das Auftreten der blauen Masse im Umkreis der Sphären unter dem Einfluss des vorkriechenden Reagenzes, die blaue Lösung in Jodjodkalium und die direkte Beobachtung der blauen Masse in den Zwischenräumen der Sphären bei der Behandlung mit einem Jodkrystall. Es handelt sich demnach bei der Blaufärbung der Amylodextrinsphären um eine Lösung der Substanz unter Umwandlung in eine sich mit Jod blau färbende, welche sich blau ausscheidet.

Diese Auffassung erklärt denn auch, weshalb die Blaufärbung sich in der Regel nur deutlich und sehr intensiv beobachten lässt, wenn man das Jodjodkalium oder Chlorzinkjod in ganz geringen Mengen zwischen den Sphären vorkriechen lässt. Unter diesen Umständen kommt stets nur eine sehr geringe Menge der wirksamen Lösung in Thätigkeit; das Umwandlungsprodukt des Amylodextrins wird unter diesen Bedingungen nicht weggeführt, sondern bleibt an dem Ort seiner Entstehung und gelangt hier innerhalb der Sphären oder in ihrer Umgebung als blaue Masse zur Abscheidung. Auf diese Weise lässt sich verstehen, dass unter Umständen allmählich die gesammte Substanz der Amylodextrinsphären in blaue Substanz umgewandelt wird, gewissermassen eine Pseudomorphose der blauen Substanz nach der Amylodextrinsphäre sich bildet.

Mit den eben geschilderten Vorgängen hängt auch sicher die Bildung des eigenthümlichen, intensiv blauen Kernes zusammen, den wir bei den Sphären 4 in der Regel auftreten sahen. Seine Entstehung dürfte mit dem besonderen Bau dieser Sphären in Verbindung stehen. Bei starker Vergrösserung erkennt man nämlich, dass dieselben, obgleich sämmtlich sehr schön strahlig gebaut, im Wesentlichen von zweierlei Art sind. Nämlich erstens solche, welche im Centrum nur eine sehr kleine Höhle oder keine besitzen, und zweitens solche, die eine relativ grosse centrale Höhle aufweisen, die jedoch wahrscheinlich nicht leer, sondern nur von einer lockergebauten Substanz erfüllt ist. Bei diesen hohlen

Sphären erklärt sich die Bildung des blauen Kernes leicht, indem sich die blaue Substanz in der Centralhöhle abscheidet und sie schliesslich völlig erfüllt, auf diese Weise den blauen Kern bildend, der sich beim Zerfall der äusseren Partie der Sphäre isolirt erhält.

Mir scheint nach dem Erörterten kein Zweifel darüber bestehen zu können, dass thatsächlich eine solche Umwandlung der Substanz des Amylodextrins unter dem Einfluss der genannten Reagentien eintritt; denn eine Verunreinigung der Sphären durch amyloseartige Substanz ist sowohl nach dem Ergebniss der Färbung mit schwacher Jodtinktur als auch der reinen Amylodextrinfärbung der wässerigen Lösung völlig ausgeschlossen.

Ebensowenig scheint es mir aber auch zweifelhaft sein zu können, dass die bei der Verwandlung entstehende Substanz, die durch Jod intensiv und rein berlinerblau gefärbt wird, etwas anderes sei wie Amylose.

Es fällt auf, dass die mitgetheilten Reaktionen des Amylodextrins eine gewisse Uebereinstimmung mit denen der Stärkereste darbieten, welche ja bekanntlich von A. Meyer seiner Zeit (1886) für Amylodextrin erklärt wurden, bevor er sich überzeugt zu haben glaubte, dass sie eine einfache Modifikation der Amylose, die sog. α-Amylose seien. Auch für die Stärkereste fanden wir, dass sie unter der Einwirkung der gleichen Reagentien eine Umwandlung in eine gegen Jod sich wie Amylose verhaltende Substanz erfahren und sich daher unter den gleichen Bedingungen bläuen. Dazu gesellt sich die von mir (oben p. 288) dargelegte Erfahrung, dass sich aus den Stärkeresten Sphärokrystalle gewinnen lassen, die jedenfalls ihrer Hauptmasse nach aus Amylodextrin bestehen, ja auch reine Amylodextrinsphären (s. d. folg. Abschnitt).

Der wesentliche Unterschied zwischen dem Amylodextrin und den Stärkeresten ist nur ihre sehr verschiedene Löslichkeit in Wasser; das erstere ist sehr leicht löslich, die letzteren dagegen erst bei einer Temperatur von ca. 140°, und sie erfahren dabei eine Umwandlung in Amylodextrin und Amylose.

Unter diesen Umständen drängt sich der Gedanke auf, dass in chemischer Hinsicht auch eine nähere Beziehung zwischen den Stärkeresten und dem Amylodextrin bestehen müsse, dass sie sich zu einander etwa wie eine unlösliche und eine lösliche Modifikation verhielten. Dieser Gedanke wird noch dadurch unterstützt, dass ja auch die Darstellung beider Körper im Wesentlichen auf denselben Vorgängen basirt, nämlich Behandlung mit Säuren. Auch dürfte es sehr wahrscheinlich sein, dass das Amylodextrin seinerseits ein Umwandlungsprodukt der Stärkereste ist, welche als erstes Stadium bei seiner Bereitung entstehen und dann erst bei längerer Behandlung mit Säuren in das leichtlösliche Amylodextrin übergehen.

Eine derartige Auffassung des Amylodextrins hätte jedoch andererseits zur Folge, dass dieser Körper nicht wie seither als eine der Verbindungen angesehen wird, die von der Amylose zum Dextrin und der Dextrose führen, sondern, da er selbst einer Umwandlung in sich mit Jod bläuende Amylose fähig ist, so müsste er in die Reihe der Uebergangsstufen zwischen den Stärkeresten (oder der sog. α-Amylose) und die β-Amylose gehören.

Inwiefern von den oben geschilderten eigenthümlichen Reaktionen des Amylodextrins schon früher etwas bekannt war, lässt sich nicht leicht angeben, da ja

unreine Produkte ähnliche Reaktionen, insbesondere Blaufärbungen hätten ergeben können. Der Entdecker des Amylodextrins, Musculus, hat schon in seiner ersten Mittheilung (1870) eine interessante Angabe über die Jodfärbung des sog. „unlöslichen Dextrins“, wie er damals die Substanz nannte, gemacht. Er sagt dort: „L'iode ne colore pas les grains de dextrine, mais il les désagrège, s'il est employé en excès. En suivant ce phenomène sous le microscope on voit les globules disparaître peu à peu, et bientôt on n'aperçoit plus qu'une matière amorphe, uniformement colorée en bleu.“ Mehr noch als die Angabe des letzten Satzes lässt sich eine in dem Aufsatz von Musculus und Eckardt (1877) gemachte, auf den unsrigen ähnliche Erfahrungen beziehen. Dort wird nämlich über das Amylodextrin bemerkt: „Färbt sich in wässeriger Lösung mit Jod weinroth, in trockenem Zustande blau und mit einem Ueberschuss von Jod in der Luft getrocknet violett, gelb und braun“ (p. 78); ebenso bemerken Musculus und A. Meyer (1880): „Die lösliche Stärke, welche in verdünnter Lösung eine rein rothe Färbung giebt, wird in konzentrirter Lösung und beim Eintrocknen rein blau gefärbt“.

Wie gesagt, liegt zwar die Möglichkeit nahe, dass diese Angaben zum Theil auf den von mir geschilderten Reaktionen basiren, doch sind sie auch dann nur theilweise verständlich, und daher ist die Vermuthung, dass sie durch unreines Material beeinflusst waren, naheliegend [1]).

10. Gewinnung von Amylodextrin aus den Stärkeresten durch Kochen mit 75 % Alkohol.

Da die Seite 288 mitgetheilten Untersuchungen ergeben hatten, dass in der bei 145° hergestellten Lösung der Reste viel Amylodextrin enthalten ist, und da wir ferner wissen, dass sich bei anhaltendem Kochen der Reste mit Wasser eine, wenn auch schwache Lösung bildet, die wohl in ihrer Zusammensetzung der bei 145° dargestellten im Wesentlichen entspricht, so schien es mir der Prüfung werth, ob sich aus den Resten auch direkt reines Amylodextrin gewinnen lasse. Zu diesem Zweck wurde eine grössere Partie der Reste mit einer ansehnlichen Menge 75 % Alkohol auf dem Wasserbad längere Zeit gekocht, filtrirt und darauf langsam bis zur Trockene eingedampft. Der geringe Rückstand darauf mit wenig kaltem Wasser aufgerührt, im Röhrchen absitzen gelassen und nochmal mit kaltem Wasser ausgewaschen, besteht aus schönen, ziemlich grossen Sphärokrystallen, die gut polarisiren, mit positivem orthogonalem Kreuz. Neben den Sphären finden sich jedoch noch kleine Körnchen, Krystalltäfelchen und Büschel, die, wie die weitere Untersuchung ergab, zweifellos ein Fett sind, da sie von Alkohol gelöst werden und beim Erwärmen auf 54° schmelzen. Mit Jod färben sich diese Fettkörnchen und -kryställchen rein gelb und erfahren bei Zusatz von Schwefelsäure keine Aenderung der Farbe.

Die Sphären, welche die Hauptmenge des Rückstandes bilden, färben sich mit schwacher Jodtinktur nur ganz schwach gelblich bis bräunlich, viel schwächer als die Fettkörnchen. Bei Zusatz von ½ Schwefelsäure wird nach längerer Wirkung schön blaue Farbe der Sphären erzielt.

---

1) Siehe Weiteres über Amylodextrin in den Nachträgen am Schlusse.

Auf dem Objektträger aufgetrocknete Sphären wurden wieder unter dem Deckglas mit Wasser befeuchtet und darauf Chlorzinkjod zugegeben. Letzteres löst die Sphären, mit denen es im Ueberschuss in Berührung kommt, sofort auf unter Braunfärbung. Da jedoch, wo das Chlorzinkjod nur in geringer Menge auf die Sphären wirkt, z. B. in dem Bereich von Luftblasen, die sich zwischen Objektträger und Deckglas finden, wo das Chlorzinkjod die Sphären nur umkriecht, färbt es sie sämmtlich prachtvoll und ganz intensiv dunkel berlinerblau.

In ähnlicher Weise wirkt auch starke Jodjodkaliumlösung (Meyer'sche Jodlösung). Lässt man dieselbe in der beim Amylodextrin geschilderten Weise auf die aufgetrockneten Sphären wirken, so erhält man tief berlinerblaue Färbung der Sphären, unter gleichzeitiger Bildung von viel blauem Gerinnsel in der Flüssigkeit.

Die eben geschilderten Reaktionen wurden zuerst an diesen Sphären beobachtet und erst später an dem in oben (p. 294) geschilderter Weise dargestellten Amylodextrin gleichfalls geprüft.

In erwärmtem Wasser sind die Sphären völlig löslich, und die Lösung färbt sich mit Jodtinktur rein rostbraun. Das Ausfrieren der Lösung gelang nicht, wohl weil sie zu verdünnt war.

Aus dem Bemerkten ergiebt sich mit Sicherheit, dass beim Kochen der Reste mit 75% Alkohol ein wenig Amylodextrin in Lösung geht. Da dies in Anbetracht der Darstellung der Reste bei 80° C. in wässeriger Lösung als solches nicht in den Resten enthalten sein kann, da es unter diesen Bedingungen in Lösung gegangen wäre, so lässt sich wohl nur annehmen, dass beim Kochen mit 75% Alkohol ein kleiner Theil der Substanz der Reste in lösliches Amylodextrin umgewandelt wird.

11. Die Struktur der natürlichen Stärkekörner.

Zu Untersuchungen über die vielbesprochene Struktur der natürlichen Stärkekörner wurde ich sowohl durch die oben (p. 229) geschilderten Erfahrungen über die geschichteten Strukturen, die sich zuweilen beim Eintrocknen von Stärkekleister bilden, als durch die Beobachtungen über die Strukturverhältnisse der eingetrockneten Stärkelösungen veranlasst. Diese Beobachtungen liessen vermuthen, dass auch die Schichtung der Stärkekörner auf ähnlichen feinen Bauverhältnissen beruhe und daher möglicherweise ein wabenartiger Bau nachweisbar sein müsse. Ich ging dabei ursprünglich von der Vorstellung aus, dass das Stärkekorn ein rein geschichteter kolloidaler Körper sein dürfte, etwa von dem Bau, wie ich ihn vielfach an geronnenen kolloidalen Substanzen nachgewiesen hatte.

Dass die Doppelbrechung einer solchen Auffassung nicht im Wege steht, bedarf kaum der Erläuterung, da ja derartig gebaute kolloidale Körper wohl nothwendig Doppelbrechung in der Art der Stärkekörner zeigen müssten, und da ferner über die Herleitung der Doppelbrechung der Stärkekörner von einem krystallinischen Bau die Ansichten der Forscher getheilt waren und es noch sind[1]).

---

[1]) Gegner der Nägeli'schen Ansicht, dass die Doppelbrechung der Stärkekörner und Zellhäute von der Zusammensetzung aus krystallinischen Micellen herrühre, sind z. B. v. Ebner 1882), J. N. Müller, v. Höhnel, Strasburger (1882), Wiesner (1886) und viele Andere, welche die

Erst nach den Anfangsstudien über den Bau der Stärkekörner, über welche ich 1893 vorläufig berichtete, wandte ich mich zum Vergleich auch der Untersuchung der sog. Sphärokrystalle des Inulins und anorganischer Stoffe zu. Diese Untersuchungen belehrten mich denn bald, dass eine soweit gehende Uebereinstimmung zwischen dem Bau der Stärkekörner und dem der Sphärokrystalle besteht (was ich schon am Schlusse der Mittheilung von 1893 ausdrücklichst betonte), weshalb ich in der ausführlichen Mittheilung von 1894 die Stärkekörner bestimmt in die Kategorie der Sphärokrystalle einreihte. Diese Publikation ging jedoch auf die Stärkekörner nicht näher ein, sondern behandelte die Sphärite des Inulins, Kalks und anderer Stoffe.

Meine Studien über den Bau der Stärkekörner begann ich mit denen des Arrow-root, und es ist wohl der theilweisen Gunst dieses Objekts zuzuschreiben, dass ich an ihnen bald einen feineren Bau nachzuweisen vermochte, der demjenigen völlig entspricht, welchen wir bei mannigfachen Sphäriten kennen gelernt haben.

Da die Stärkekörner im trockenen Zustand oder im Wasser nichts von einem feineren Bau zeigen, ja selbst die Schichtung unter diesen Bedingungen häufig sehr undeutlich oder gar nicht zu beobachten ist und mir andererseits bekannt war, dass die feine Struktur geronnener quellbarer Körper (wie Eiweiss etc.) in ausgetrocknetem Zustand nahezu oder völlig verschwindet, um im gequollenen durch Erfüllung und Ausdehnung der Hohlräumchen wieder deutlich zu werden, hielt ich es für sehr wahrscheinlich, dass die vermuthete feinere Struktur der Stärkekörner auch bei beginnender schwacher Quellung deutlich werden müsse.

Im lufttrockenen Zustand ist bekanntlich selbst von der Schichtung nichts oder wenig zu sehen. Im Wasser tritt sie mehr oder weniger deutlich hervor; doch zeigen die bei der Quellung auftretenden Erscheinungen, dass gewöhnlich nur Antheile der Schichtenbildung wahrzunehmen sind. Werden die Arrow-root-Körner unter dem Deckglas oder geeigneter im Reagenzglas in grösserer Menge bis zu einigen 60° erwärmt, so findet man zahlreiche Körner, welche in geringem Grade bis etwas stärker gequollen sind und nun nicht nur die Schichtung, sondern auch eine feinere Struktur der Schichten vortrefflich zeigen. Dabei quellen die excentrisch geschichteten Arrow-root-Körner in der Regel nicht ganz gleichmässig; die Quellung beginnt vielmehr im grösseren Radius und schreitet hier stärker fort, so dass man häufig Körnern begegnet, welche nur in dieser Region die zu schildernden Strukturen deutlich zeigen, während die entgegengesetzte Partie nichts oder doch nur Undeutliches davon wahrnehmen lässt. Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, dass auf diesen Anfangsstadien der Quellung Rissbildungen in der Regel nicht auftreten, abgesehen von dem an den meisten Körnern der getrockneten Arrow-root-Stärke, wie sie im Handel zu haben ist, vorhandenen Querriss, der durch das Centrum geht (s. Fig. 7 und 9 Taf. 3). Natürlich ist es von besonderer Wichtigkeit, eventuelle Täuschungen durch Rissbildungen zu vermeiden, weshalb ich auch sorgfältigst darauf achtete, dass nur solche Körner zum Studium gewählt wurden, die keine sonstigen Rissbildungen zeigten. Uebrigens ist es für den einigermassen geübten Beobachter nicht schwer, Risse von den in Frage kommenden äusserst zarten

Doppelbrechung dieser Gebilde auf Spannungsunterschiede zurückzuführen suchen. Ich habe schon oben (p. 147) darzulegen versucht, dass ich eine Zurückführung der Doppelbrechung durch Spannung und der krystallinischen auf eine gemeinschaftliche Ursache mit v. Ebner nicht für unmöglich halte.

und regelmässigen Strukturen zu unterscheiden; wie denn auch die beigegebenen Photographien und Abbildungen wohl Jeden, dessen Urtheil nicht von vornherein getrübt ist, überzeugen werden, dass es sich hierbei um Strukturverhältnisse handelt, die in feinen Bauverhältnissen des Korns begründet sind und die nicht etwa auf merkwürdig regelmässigen Rissbildungen beruhen. Da wir aber später hören werden, dass gerade dieser Einwand von einem Forscher erhoben wurde, der sich besonders „intimer" Bekanntschaft mit der Stärke rühmt, A. Meyer (1896, p. 328—29), so muss ich hier ganz besonders betonen, dass derselbe 1895 p. 121 die „schwache Quellung" empfiehlt, um die „radialtrichitische" Struktur der Stärkekörner zur Anschauung zu bringen. Dort sagt er bezüglich eines Kornes des Klebsorghum, das mit Wasser bis auf 75° erhitzt worden war: „ohne erhebliche Rissbildung wurde es zu einer feingestrichelten Hohlkugel, in welcher Stäbchenstruktur deutlich zu erkennen war". Speziell über die Arrow-root-Körner bemerkt er p. 122 Folgendes: „So tritt beim Arrow-root die radialfaserige Struktur schön hervor, wenn man die Stärkekörner etwas quellen lässt, dann mit Speichel die Amylosetröpfchen herauslöst". Ich werde später noch ausführlicher zeigen, dass die Bilder, welche Meyer als Belege für den „radialtrichitischen" Bau der Stärkekörner beibringt, ganz dieselben sind, die auch ich schon 1893 geschildert habe, nur hat sie Meyer ungenau untersucht und deshalb nur theilweise erkannt. Auf p. 121 bildet er sogar ein frisches Kartoffelstärkekorn ab, das im Allgemeinen ganz dasselbe zeigt, was ich 1893 geschildert habe und hier nochmals eingehender darlegen werde; die Meyer'sche Figur ist nur etwas zu schwach vergrössert, um die Einzelheiten der Struktur genau erkennen zu können.

Was soll man nun gegenüber dem eben Angeführten sagen, wenn A. Meyer auf p. 156 seines Buches über die von mir 1893 geschilderte Struktur der schwach gequollenen Arrow-root-Körner mit beneidenswerther Kühnheit behauptet: „Die Waben, welche Bütschli abbildet, hat sich Bütschli durch die Radialrisse und konzentrischen Schichten vortäuschen lassen. Es ist höchst interessant zu sehen, wie ein so vortrefflicher Beobachter die Schaum- und Wabenstruktur, mit der er sich eingehend beschäftigte, in die Objekte hineinsieht." Dieses Urtheil wird 1896 in Meyer's kritischem Referat noch übertrumpft, indem er dort von „dem groben Fehler" spricht, „den Bütschli bei der Deutung der Bilder der quellenden Stärkekörner beging".

Hierauf kann ich meinerseits nur bemerken: es ist höchst interessant, aber auch betrübend zu sehen, wie ein Forscher die gleichen Wahrnehmungen in ganz verschiedener Weise beurtheilt: nämlich wenn er sie macht, sie als Beweise einer angeblich den Stärkekörnern zukommenden radialtrichitischen Struktur betrachtet, sie dagegen, wenn sie ein anderer macht, mit dessen Deutungen er nicht einverstanden ist, als einen groben Fehler verurtheilt.

Es wäre ja seltsam, wenn die an den schwach gequollenen Stärkekörnern gar nicht sehr schwierig zu beobachtende Struktur erst von mir wahrgenommen wäre. Wie ich nachträglich sehe, ist dies auch keineswegs der Fall. 1882 hat Stras-

burger in seinem Buch über die Zellhäute an mit Kali schwach gequollenen Körnern verschiedener Pflanzen (Phajus grandiflorus, Cycas circinalis, Phaseolus vulgaris) zweifellos ganz die gleiche Struktur gesehen, die ich später, ohne Kenntniss seiner Beobachtungen, wieder aufgefunden, jedoch anders gedeutet habe. Im Hinblick auf die Angriffe, die A. Meyer gegen mich richtete, dürfte es daher angezeigt sein, Strasburger's Beobachtungen und Ansichten etwas genauer hervorzuheben. Seine Darstellung für Phaseolus grandiflorus, wo er die an den schwach gequollenen Körnern gesehene Struktur eingehender schildert, lautet wörtlich folgendermassen (p. 149—150): „Andere grössere Lamellenkomplexe folgen mit grosser Gleichmässigkeit aufeinander, durch feinere Grenzlinien getrennt. An diesen Partien sieht man, dass die Lamellen eine sehr geringe Dicke haben, und überzeugt sich auch leicht, dass die Grenzlinien während der Quellung nur deutlicher, nicht dicker wurden. Die Grenzlinien sind regelmässig fein punktirt, und dies deutet auf feine radiale Trennungslinien hin, welche sich da, wo sie Grenzflächen schneiden, deutlicher markiren. Das Bild ist eigentlich nicht anders als dasjenige, welches ich Fig. 22, Taf. III für eine Holzzelle von Pinus entwarf." „Bei der Stärke haben wir es zweifellos auch mit einem radialen Bau zu thun, und zwar sprechen Flächenansichten dafür, dass es sich hier um radialgestellte, stäbchenförmige Elemente handelt. Gegen die Zurückführung der Erscheinung auf in Folge von Spannungen entstandene radiale Risse spricht die grosse Regelmässigkeit der Zeichnung. Hingegen sind es in der That solche durch Spannungen erzeugte Risse, welche in dem dichteren Lamellenkomplexe auftreten. Diese Risse verdecken dort die eigentliche Struktur."

Aus diesen Darlegungen Strasburger's geht hervor, dass auch ein „geschulter" und in mikroskopischen Dingen sehr erfahrener Botaniker die Rückführung der Struktur auf Rissbildungen verwirft. Dass Strasburger aber die gleiche Struktur beobachtete wie ich, unterliegt keinem Zweifel; der Hinweis auf die Abbildung des Querschnitts der Pinuszelle ist in dieser Hinsicht entscheidend. Dieselbe zeigt die kämmerige Struktur, die wir auch auf dem Querschnitt der Bastzellen und der Baumwollfasern beobachteten, und welche ja der Struktur der Stärkekörner vollkommen entspricht. Meine Deutung der Struktur weicht dagegen von der Strasburger's ab, da ich die Schichten nicht aus radialen stäbchenartigen Elementen zusammengesetzt finde, sondern umgekehrt aus radialen, schichtenweise geordneten Hohlräumchen. Die Gründe hierfür sollen genauer dargelegt werden.

Wir werden übrigens bald sehen, dass die gleiche Struktur, welche ich an den schwach gequollenen Körnern beobachtete, noch viel schöner und schärfer an den sog. Stärkeresten zu sehen ist, wo von Rissbildungen in der Regel sehr wenig vorkommt.

Die an schwach gequollenen Arrow-root-Körnern hervortretende Struktur ist nun folgende. Zunächst sieht man auf dem optischen Durchschnitt um das Centrum des Kornes (dessen feineren Bau ich hier einstweilen bei Seite lasse) ein System konzentrischer, abwechselnd heller und dunkler Linien, von welchen die hellen breiter sind als die dunklen. Dabei zeigt sich meist deutlich, dass die Abstände der dunklen Linien gegen die Oberfläche des Kornes

zu schmäler werden und dass schliesslich, wenigstens an etwas stärker gequollenen Körnern, in der Nähe der Oberfläche eine unregelmässige Struktur auftritt, in welcher keine Schichtung mehr zu erkennen ist. So betragen die Abstände der dunklen konzentrischen Linien auf Fig. 7 Taf. 3 in der centralen Region ca. 1,1 μ, peripher dagegen nur ca. 0,7 μ. Bei sorgfältiger Untersuchung des optischen Durchschnitts überzeugt man sich, dass die hellen Linien bei geringer Hebung des Tubus in dunkle übergehen, die dunklen dagegen in helle, woraus im Allgemeinen zu schliessen ist, dass die dunklen Streifen die dichteren, d. h. die stärker lichtbrechenden sind, die hellen dagegen schwächer lichtbrechend; doch liegt die Angelegenheit hier wohl etwas komplizirter, wie später noch zu erörtern sein wird. Genaue Untersuchung mit ausreichend starken Vergrösserungen ergiebt weiter, dass die hellen Linien von feinen, im Allgemeinen radiär ziehenden dunklen Strichen durchsetzt werden, welche von knötchenartigen Punkten der dunklen Linien entspringen. Wie gesagt, verlaufen diese Radiärbälkchen im Allgemeinen regelmässig radiär, was besonders gut an den schmäleren, mehr peripherischen hellen Linien ausgeprägt ist, wogegen in den breiteren der centralen Region häufiger auch Unregelmässigkeiten vorkommen, d. h. die Radiärbälkchen mehr oder weniger schief verlaufen können.

Wenn man die dunklen Linien oder Grenzstreifen zwischen den breiten hellen Linien oder Streifen an günstigen Stellen genau untersucht, so bemerkt man, dass sie nicht einfache dunkle Linien sind, sondern zickzackförmig verlaufen; d. h., dass sie zickzackförmig die vorhin erwähnten, dunkleren Knotenpunkte, welche die Ansatzstellen der Radiärbälkchen an den dunklen Linien auszeichnen, verbinden. Namentlich an günstigen, d. h. scharf und richtig eingestellten Stellen guter Photographien ist dies Verhalten bestimmt zu erkennen. Obgleich dieser Bau der dunklen Linien vielfach auf das Deutlichste hervortritt, so ist doch unverkennbar, dass sie gewöhnlich etwas Unscharfes, Verwaschenes haben, d. h., dass sich ausser der erwähnten dunklen Zickzacklinie gewöhnlich noch ein dunkler Schatten über sie lagert, welcher die Schärfe der Zickzackzeichnung beeinträchtigt.

Zu der eben erwähnten Beschaffenheit der dunklen Linien gesellt sich endlich noch, dass die Radiärbälkchen, welche die breiteren hellen Linien durchsetzen, in den aufeinanderfolgenden Linien mehr oder weniger alterniren. Diese wichtige Thatsache ist meist an guten Stellen sehr kenntlich und beruht darauf, dass die Radiärbälkchen der benachbarten hellen Linien abwechselnd an die aus- und einspringenden Winkel der dunklen zickzackförmigen Linien sich ansetzen. — Es wurde eben hervorgehoben, dass dies Alterniren der Radiärbälkchen in sehr verschiedenem Grade ausgeprägt sein kann. Stellenweise ist es sehr gering oder fehlt gelegentlich einmal streckenweise ganz, so dass die Radiärbälkchen benachbarter Schichten ineinander fortsetzen. In diesem Falle fehlt denn auch die Zickzackbildung der dunklen Linien, und der Charakter solcher Partien wird mehr strahlig.

Die geschilderten Strukturverhältnisse bedingen also, dass je zwei benachbarte Radiärbälkchen eines hellen Streifens sammt den zugehörigen beiden Zickzackstücken der angrenzenden dunklen Linien einen sechseckigen Raum umgrenzen, der mehr oder weniger regelmässig erscheinen kann. Dieser Raum macht durchaus den Eindruck eines mit schwach lichtbrechender Substanz erfüllten und von dichten, stärker

brechenden Wänden umschlossenen Hohlraums, da sein bei tiefer Einstellung heller Inhalt sofort in einen dunklen Punkt übergeht, wenn der Tubus ein wenig gehoben wird.

Die eben gegebene schwerfällige Schilderung der feinen Strukturverhältnisse, die ich absichtlich so wählte, um zunächst das Thatsächliche möglichst ohne jede daran geknüpfte Deutung reden zu lassen, lässt sich nun sehr vereinfachen, wenn man den soeben gezogenen Schluss über die Natur der sechseckigen bis zuweilen viereckigen Räumchen, welche die hellen Schichten zusammensetzen, zu Grunde legt. Dann ergiebt sich also der Bau des Arrow-root-Korns als ein Komplex zahlreicher feiner konzentrischer Schichten, die sämmtlich aus je einer Lage von vier- bis sechseckigen Hohlräumchen bestehen, welche von stärker brechenden Wänden gesondert werden. Hieraus folgt ferner, dass der feinere Bau dieser Stärkekörner dem der früher geschilderten fein-geschichteten Sphären des Inulins, essigsauren Bleis, phosphorsauren Natrons, kohlensauren Kalks, der Cellulose etc. durchaus entspricht, ein Schluss, der schon an und für sich sehr wahrscheinlich wäre, wegen der sonstigen weitgehenden Uebereinstimmung der Stärkekörner mit diesen Sphärokrystallen, selbst wenn die geschilderten Strukturverhältnisse der schwach gequollenen Stärkekörner diese Uebereinstimmung nicht so klar verriethen.

In dem geschilderten feinen Bau der Arrow-root-Körner ist ein Punkt, der noch einiger Erläuterung bedarf, da er auch für andere, ähnlich gebildete Strukturen gültig sein dürfte und eine gewisse Schwierigkeit darbietet. Wenn nämlich der Bau thatsächlich so ist, wie er eben geschildert wurde, so erhebt sich die Frage, weshalb die dunklen zickzackförmigen Linien oder Grenzstreifen der Wabenschichten so viel dunkler und dicker erscheinen als die Radiärbälkchen der hellen Linien. Wenn der Bau sich so verhält, wie angegeben, so müssen diese zickzackförmigen Grenzstreifen aus zickzackförmig zusammenstossenden Bälkchen oder Wabenwänden gebildet sein, deren Dicke die der Radiärbälkchen nicht wesentlich übertreffen kann; weshalb nicht recht einzusehen ist, dass diese Grenzstreifen fast immer dunkler und dicker erscheinen als die Radiärbälkchen.

Bei längerer Ueberlegung dieser Erscheinung, welche übrigens in regelmässig geschichteten wabigen Strukturen stets wiederkehrt, bin ich darüber zu folgender Vorstellung gekommen, die die thatsächlichen Verhältnisse am entsprechendsten zu erklären scheint. Einmal wissen wir, dass in wabigen oder wabenartigen Strukturen die Knotenpunkte des Wabenwerks stets dunkler und dicker hervortreten als die Wabenwände, eine Erscheinung, welche ich schon früher eingehender erörterte (s. 1892 p. 19) und die auch in dieser Schrift mehrfach erläutert wurde (s. p. 25). Da nun die Knotenpunkte des konzentrisch geschichteten Wabenwerks der Stärkekörner sämmtlich in die zickzackförmigen Grenzstreifen fallen, so müssen diese schon deshalb wesentlich dunkler erscheinen als die Radiärbälkchen. Dazu gesellt sich weiterhin noch folgendes Verhältniss, auf dessen Beachtung ich erst spät gekommen bin. Wenn wir eine einfache Schicht konzentrisch geschichteter Waben hätten, so könnte die grössere Dunkelheit der Grenzstreifen nur durch die Knotenpunkte bedingt sein. Nun ist dies aber im Falle der Stärkekörner anders; hier handelt es sich um den optischen Durchschnitt einer konzentrisch geschichteten Wabenmasse. Die scharf auf erste Tiefe eingestellte Schicht der Waben wird daher hier von einer darunter folgenden, tieferen unterlagert. Wenn wir nun die in der Gesichtsebene befindliche

Lage so eingestellt haben, dass die Wabenräumchen hell erscheinen, d. h. tief, so ist dazu nöthig, den Tubus etwas tiefer als auf den mittleren Durchschnitt der Hohlräume einzustellen, wie wir in dem früher Dargelegten genauer erfahren haben (s. p. 15). Da nun die Waben der tiefer liegenden Schicht zwischen die der höher liegenden, scharf eingestellten, sich etwas hinein erheben, so etwa wie es die untenstehende Textfig. 87 a auf einem vertikalen Durchschnitt darzustellen sucht, und da ferner diese aufsteigenden Partien der einzelnen Waben der tieferen Schicht unter den Knotenpunkten der höheren liegen, so folgt daraus, dass bei der tiefen Einstellung auf die höhere Schicht, welche etwa in der Ebene der punktirten Linie a—a der Figur geschieht, auch schon die aufsteigenden Theile der tieferen Waben in hoher Einstellung gesehen werden. Diese bei hoher Einstellung gesehenen Partien der tieferen Wabenlage müssen daher dunkel erscheinen und mehr oder weniger verschwommen. Daher scheint es mir zu rühren, dass die Grenzstreifen breiter und dunkler sind als die Radiärbälkchen und gleichzeitig auch in der Regel etwas verschwommen.

Wir haben seither nur solche Körner betrachtet, bei denen die dunklen Grenzstreifen sehr schmal sind, eine Erscheinung, welche auch bei schwacher Quellung

a — a, a — a

a b

Fig. 87.

Schemata zur Erläuterung des mikroskopischen Bildes einer mehrschichtigen Wabenlage. Vertikalschnitte a bei gleicher Grösse der Waben, b bei ungleicher Grösse abwechselnder Schichten, wie es bei den Stärkekörnern häufig vorkommt. In beiden Fällen zeigt die punktirte Linie a—a etwa die Lage der Ebene (im Durchschnitt) an, auf die eingestellt werden muss, damit die höhere Lage von Alveolen hell erscheint. Dabei muss dann gleichzeitig auch ein dunkles, etwas verschwommenes Bild von jeder Alveole der nächst tieferen Schicht erscheinen.

meist im ganzen Korn herrscht. Hie und da findet man jedoch unter den gequollenen Körnern auch solche, bei denen die dunklen Grenzstreifen in der excentrisch ausgewachsenen Partie des Korns beträchtlich dicker werden, so dass sie die Dicke der bei tiefer Einstellung hellen Streifen erreichen, ja sogar übertreffen. In diesem Falle liegen natürlich die Verhältnisse anders, als seither geschildert. Hier begegnen wir dem schon früher bei den Sphären verschiedener Substanzen häufig gefundenen Verhalten, dass Schichten verschiedenartiger Bildung miteinander abwechseln. Bei den durch Quellung nicht veränderten Skeletten der Arrow-root-Körner ist dies Abwechseln heller und dunkler, wabig gebauter Schichten (bei tiefer Einstellung) viel häufiger deutlich wahrzunehmen; wobei sich feststellen lässt, dass die dunklen Schichten aus ein bis zwei Wabenlagen bestehen. Ihre grössere Dunkelheit beruht wie bei den früher eingehender erörterten Fällen des phosphorsauren Natrons, kohlensauren Kalks, der Cellulose etc. darauf, dass die Wabenräume relativ kleiner, die Wände dagegen dicker sind.

Gegen den weniger ausgewachsenen Pol der excentrischen Körner laufen diese dunklen Zwischenschichten in die gewöhnlichen schmäleren dunklen Grenzlinien aus,

die wir alles Recht haben, als einfache Grenzlinien der aneinanderstossenden konzentrischen Wabenschichten zu betrachten. Demnach keilen sich die dunklen dichteren Schichten hier allmählich aus.

Bei unseren seitherigen Betrachtungen über den Bau der schwachgequollenen Arrow-root-Körner hielten wir uns streng an die deutlich und schön geschichteten Partien, während die peripherischen Antheile des stärker gequollenen, excentrischen Theils eine wesentliche Veränderung der Struktur zeigen, die jetzt noch zu erörtern sein wird. In diesem pheripheren Theile ist die Struktur meist unregelmässig, indem die Schichtung zunächst immer undeutlicher wird und schliesslich ganz schwindet. Man hat dann das Bild eines unregelmässigen Wabenwerks, wie es in den unteren Partien der Fig. 7 Taf. 3 erscheint. Die Erklärung dieser Umformung dürfte einfach darin zu suchen sein, dass beim Quellen der peripheren Partien ein Zug auf die darunter liegenden ausgeübt wird, welcher die Anordnung in deutlichen Schichten allmählich aufhebt und daher ein unregelmässiges Wabenwerk entstehen lässt.

An noch etwas stärker gequollenen Körnern sieht man, dass das periphere unregelmässige Wabenwerk schliesslich eine weitere eigenthümliche Umformung erfährt, indem es mehr oder weniger deutlich kreuzstreifig wird, d. h., sich in schief gekreuzten Zügen anordnet, welche gegen die Peripherie ziehen. Fig. 10 Taf. 3 giebt davon eine schwache Andeutung; sie sollte wesentlich nur die mehr strahlige Anordnung des Wabenwerks in den stärker gequollenen Partien darstellen. Auf zahlreichen meiner Photographien tritt diese schief gekreuzte Anordnung der peripherischen Waben bei stärkerer Quellung deutlich hervor. Anfänglich wusste ich dafür keine rechte Erklärung, ja vermuthete deshalb sogar, dass die Erscheinung möglicherweise nur von optischen Verhältnissen hervorgerufen und keine reale sei. Jetzt, nachdem die Umformung eines gleichmässigen Wabenwerks durch Zug in ein doppelkreuzstreifiges in einer ganzen Anzahl Fälle sicher verfolgt wurde, bezweifle ich nicht, dass die geschilderte Erscheinung nur darauf beruht, dass das zunächst entstehende unregelmässige Wabenwerk unter fortgesetzter Zugwirkung der Peripherie sich kreuzstreifig umformt und dass in dieser Erscheinung sowohl eine Stütze für die gegebene Deutung des wabigen Baues der Stärkekörner als auch der vorausgesetzten Zugwirkung der oberflächlichen Partien vorliegt [1]).

Auf die späteren Stadien der Aufquellung, welche bedingt sind durch das Auftreten einer Höhle im Centrum, oder die Erweiterung der dort schon vorhandenen Spalthöhle; was die schliessliche Anschwellung des Kornes zu einer hohlen Blase, unter ungemeiner Erweiterung dieser Höhle, herbeiführt, gehe ich hier nicht weiter ein, da ich diesen Gegenstand nicht eingehender verfolgte. Vermuthlich

---

1) Buscalioni (1891) fand bei der Quellung der Stärkekörner von Zea Mais in Chloroform, dem einige Tropfen „hinreichend konzentrirter Chromsäure“ zugesetzt waren, unter Erwärmung der Flüssigkeit bis zum Kochen des Chloroforms, dass zahlreiche, etwas gequollene Körner radialstreifig waren. Bei schwächerer Quellung waren zwei Systeme von Radialstreifen zu sehen, die vom Centrum ausstrahlten und sich unter spitzen Winkeln kreuzten, so dass das Korn in ein Haufwerk rhombischer Figuren zerlegt erschien. Bei stärkerer Quellung schienen die Streifen in Punkte aufgelöst, die in konzentrischen und radialen Streifen angeordnet waren. Ob diese Erfahrungen sich auf Aehnliches beziehen, wie es oben bezüglich der schiefen Kreuzstreifung angegeben wurde, vermag ich nicht zu sagen, da keine Abbildungen vorliegen. Im Allgemeinen lassen sich jedoch Buscalioni's Beobachtungen mit den meinigen unschwer vereinen.

tritt jedoch dabei eine weitgehende Zerstörung des Wabenwerks der ursprünglichen Struktur ein.

Während die vorstehend berichteten Untersuchungen an den schwach gequollenen Körnern im Wesentlichen schon 1892 angestellt waren, kam ich erst im Winter 1896/97 zur Untersuchung der Reste oder Skelette der Arrow-root-Körner, welche wie oben p. 283 angegeben bereitet waren. Das Studium dieser Reste in Wasser ergab zunächst, dass sie in ganz vorzüglicher Weise dieselbe Struktur zeigen, welche bei den schwach gequollenen Körnern eben geschildert wurde. Die genauere Verfolgung der Reste überzeugte mich daher von der Richtigkeit der vorgetragenen Darstellung auf das Bestimmteste und ergab gleichzeitig noch eine Reihe besonderer Belege dafür. Nicht alle Reste zeigen die Struktur, vielmehr ist eine beträchtliche Anzahl ganz blass und strukturlos. Auch diejenigen, welche schön strukturirt sind, zeigen die Bauverhältnisse gewöhnlich nur in der centralen Partie deutlich, gegen die Peripherie werden auch sie meist blass und anscheinend strukturlos. Da sich nun alle Uebergänge zwischen deutlich strukturirten und anscheinend homogenen und sehr blassen finden, so spricht vieles für die Annahme, dass die Struktur unter der fortgesetzten Einwirkung der Salzsäure schliesslich zerstört, d. h. die Gerüstbälkchen so verfeinert werden, dass die Struktur nicht mehr wahrnehmbar ist. Vermuthlich dürfte daher eine kürzere Behandlung mit verdünnter Salzsäure bei 80°, als sie bei den vorliegenden Resten angewendet wurde (3 Stunden), noch geeigneteres Material für die Untersuchung der Strukturverhältnisse liefern.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind deshalb besonders wichtig, weil Rissbildungen in den Resten überhaupt nicht existiren, abgesehen von dem gewöhnlichen, durch das Centrum gehenden Querriss. Es kommen aber nicht selten auch Reste vor, die überhaupt keinerlei Risse besitzen (s. die Figg. 2 u. 6 Taf. 19, Fig. 1 Taf. 20); woraus von neuem die Unbegründetheit der Behauptung hervorgeht, dass die geschilderten Strukturen auf Rissbildungen beruhten. Bei Untersuchung der Strukturen kann man die Reste mit Jod etwas braun färben, doch trägt dies nur wenig zur Verdeutlichung bei.

Absichtlich habe ich bei der Besprechung der schwach gequollenen Körner den Bau des Centrums unerörtert gelassen, da derselbe bei dieser Behandlung in der Regel wenig klar wird. Ich muss denn nach den Beobachtungen an den Resten auch dasjenige berichtigen, was ich 1893 hierüber bemerkte. Dort sagte ich nämlich: „den sog. Kern der Körner fand ich nach der Aufquellung meist nicht deutlich geschichtet, sondern von einem unregelmässigen Wabenwerk gebildet.“ Diese Angabe ist unrichtig, wie die Untersuchung der Reste zeigte. An diesen, die keiner Deformation durch Quellung oder Rissbildungen ausgesetzt waren, erkennt man, wenn das Centrum ganz intakt ist, stets sehr deutlich, dass **die Schichtung bis zum Centrum reicht**. Das Centrum wird häufig von einem bei tiefer Einstellung dunklen Knotenpunkt gebildet (s. Taf. 19 Fig. 2, Taf. 20 Fig. 1), um den sich regelmässiger oder unregelmässiger eine geringe Anzahl strahlig geordneter Waben als eine erste Schicht gruppiren. Recht häufig findet sich jedoch statt dieses Knotenpunkts ein längliches, stäbchenartiges, manchmal auch etwas unregelmässiges Gebilde, welches das Centrum des Ganzen bildet und meist quer zur Hauptachse des Kornes liegt (s. namentlich Taf. 19, Fig. 3).

Im Allgemeinen besitzt daher das Centrum sammt seiner ersten Wabenschicht durchaus den Bau, den wir auch an der ersten Anlage der künstlichen Stärkesphären gelegentlich getroffen haben (s. Textfig. 80, 2, 5, 8 p. 262). Dagegen habe ich mit Sicherheit nie ein Wabenräumchen als Centrum gesehen. Sehr auffallend ist das quere stäbchenförmige Centrum an dem auf Fig. 3 Taf. 19 abgebildeten, sehr schön geschichteten, halb zusammengesetzten Korn; auch unterliegt es hier wohl keiner Frage, dass das doppelte Centrum durch eine besonders ansehnliche Entwickelung des stäbchenförmigen Centralgebildes bedingt ist. Auf die Bauverhältnisse der weiteren Schichtenbildungen, welche sich um das Centrum herumlegen genauer einzugehen, dürfte wohl überflüssig erscheinen, da sie, wie gesagt, ganz dieselben sind, welche wir schon bei den schwach gequollenen Körnern erörterten. Die Photographien Fig. 2, 6, 7 und 10 Taf. 19, sowie die Fig. 1 Taf. 20 werden geeignet sein, diese Ueberzeugung hervorzurufen; wobei noch darauf hingewiesen werden mag, dass die Figg. 6 und 10 Taf. 19 das Abwechseln dichter und weniger dichter wabiger Schichten deutlich erkennen lassen, eine Erscheinung, die sich bei den Resten überhaupt besser erhält, wie schon oben hervorgehoben wurde.

Ausser den beiden erwähnten Formen von Körnern trifft man unter den Resten noch eine dritte. Es sind dies relativ dichte, d. h. stark lichtbrechende, welche die dunklen Schichten ungemein deutlich zeigen, dagegen in den hellen schwach lichtbrechenden, dazwischen liegenden Schichten wenig oder nichts von Radiärbälkchen. Das auf Fig. 3 Taf. 19 abgebildete halbzusammengesetzte Korn ist etwa dieser Art, lässt jedoch in den hellen Schichten noch schwache Andeutungen der Radiärbälkchen wahrnehmen. Meiner Meinung nach handelt es sich hier um Körner mit abwechselnden, relativ sehr dichten und wenig dichten Schichten, bei welchen die Salzsäure die weniger dichten Schichten stark angegriffen und deshalb die Radiärbälkchen so verfeinert hat, dass sie nur wenig oder nicht mehr hervortreten, während die dichten Schichten verhältnissmässig wenig angegriffen wurden.

Entsprechend den seither beobachteten Bauverhältnissen quellbarer und geronnener Substanzen, hätten wir auch für die geschilderten Strukturen der Stärkekörner anzunehmen, dass die Hohlräumchen der wabigen Schichten sowohl in den gequollenen Körnern als in den Resten von wässeriger Flüssigkeit erfüllt sind. Hierfür spricht ihr optisches Erscheinen und ihr sonstiges Verhalten. Zur weiteren Prüfung dieser Frage habe ich das schon mehrfach geschilderte Verfahren der Austrocknung verwendet. Werden die durch Alkohol in Xylol übergeführten Reste im Vakuum eingetrocknet, so erfüllen sich alle Hohlräumchen des Wabenwerks vollständig mit Gas, so dass die Struktur auch im trockenen Zustand sehr schön erhalten bleibt. Auf Fig. 2 Taf. 20 ist ein auf diese Weise präparirtes Restkorn abgebildet und lässt erkennen, dass die Strukturverhältnisse sich ganz so erhalten haben, wie sie die von Wasser erfüllten Reste zeigten. Natürlich sind die ausgetrockneten, gaserfüllten Körner sehr dunkel und undurchsichtig wegen der starken Brechungsdifferenz der Hohlräumchen und der Wabenwände.

Gleichzeitig tragen jedoch diese starken Brechungsunterschiede auch wesentlich zur Verdeutlichung der feineren Struktur bei, weshalb im Allgemeinen grade die gaserfüllten Körner besonders schöne Strukturbilder geben. Auf den Photographien dagegen tritt dies nicht so gut hervor, da die Photographien gaserfüllter Strukturen,

sobald sie nicht in sehr dünner Schicht vorliegen, nicht besonders gut ausfallen; indem, wie es scheint, die chemische Wirksamkeit des Lichts beim Durchtritt durch die ungemein zerstreuend wirkende Masse sehr vermindert wird.

Besonders klare und überzeugende Präparate erhält man aber, wenn man die eingetrockneten, mit Gas erfüllten Körner in geschmolzenen Kanadabalsam überführt. Derselbe durchdringt die grosse Mehrzahl der Körner so völlig, dass bei dem sehr geringen Unterschied der Lichtbrechung zwischen Balsam und der trockenen Stärkesubstanz jede Spur der Struktur in den von Balsam durchdrungenen Körnern verschwindet. Nicht selten findet man jedoch in den Präparaten auch Körner, welche nur theilweise von Balsam erfüllt sind, indem sich eine centrale Partie gaserfüllt erhalten hat. Derartige Körner sind nun ganz besonders instruktiv für die Beurtheilung der Struktur, wie die Figg. 4—6 auf Taf. 20 lehren. Auch hier tritt auf das Klarste hervor, dass die ganze periphere, von Balsam erfüllte Partie keine Spur der Struktur mehr zeigt, während diese im gaserfüllten Theil prächtig zu sehen ist. Dabei zeigt die Struktur wegen der grösseren Brechungsunterschiede eine viel bedeutendere Schärfe und Bestimmtheit der Ausprägung, weshalb der wabige Bau sehr klar ist. Fig. 6 zeigt ihn in mehr strahliger Entwickelung, die Figg. 4 und 5 dagegen reiner geschichtet. Die beiden letzteren Figuren lassen namentlich auch die Verhältnisse der dunkleren Grenzstreifen sehr klar hervortreten. Bei beiden Körnern handelt es sich zweifellos um dichtere einwabige Schichten, deren Wabenräume kleiner sind als die der alternirenden helleren Schichten. Unter diesen Umständen werden diese dichteren Schichten mit kleineren Wabenräumen selbst bei tiefer Einstellung, welche die Wabenräume in ihnen deutlich zeigt (Fig. 5b) dunkler erscheinen als die zwischengelagerten hellen Schichten mit weiteren Hohlräumchen und dünneren Wänden. Gleichzeitig müssen jedoch auch bei etwas höherer Einstellung, wie sie Fig. 5a darbietet, die kleineren Hohlräumchen der dichteren Schichten schon hoch eingestellt sein und daher dunkel erscheinen, während die grösseren der hellen Schichten noch tief eingestellt sind und deshalb noch hell aussehen. Uebrigens sind die dunklen Schichten in der Reproduktion der Fig. 5a zu stark verbreitert worden; auf schwächeren Kopien, die der Natur mehr entsprechen, sind sie viel schmäler und zeigen auch die Andeutung des wabigen Baues noch recht gut. Wir finden in diesem Verhalten eine Bestätigung der oben bezüglich der dunkeln Grenzschichten von etwas grösserer Breite geäusserten Ansicht. Hie und da kann man in derartigen, von Balsam zum Theil erfüllten Körnern auch ganz vereinzelte, gaserfüllte Hohlräumchen beobachten, welche durchaus für die Richtigkeit der vorgetragenen Auffassung der feineren Struktur sprechen.

Zur Prüfung der Frage: ob sich auch schwach gequollene Körner entsprechend verhalten, wurde eine Partie Körner, welche auf 65—70° erhitzt war, vorsichtig durch steigenden Alkohol in Xylol übergeführt und darauf im Vakuum ausgetrocknet. Die Körner ergaben sich schon durch das dunkle Aussehen im durchfallenden Licht als gaserfüllt. Nach der Aufstellung in geschmolzenem Balsam erwiesen sich nur relativ wenige Körner im Centrum noch gashaltig; der Balsam war bei den meisten vollständig eingedrungen. Dennoch fanden sich einige, die im Anschluss an eine stark gaserfüllte Partie des Centrums, welche ganz undurchsichtig war, die geschilderte Struktur in einer angrenzenden Partie des Kornes recht gut

zeigten (s. Fig. 3 Taf. 20). Die Erhaltung der Struktur kann nur auf der verbliebenen Gaserfüllung beruhen, da, wie gesagt, der eingedrungene Kanadabalsam das Strukturbild völlig auslöscht. Die gaserfüllte Schicht muss jedoch hier ungemein dünn sein, wie schon die Blässe der Zeichnung verräth. Dass es sich aber um gaserfüllte Hohlräumchen handelt, zeigt sich namentlich am Rand der strukturirten Partie, wo einige Räumchen etwas höher eingestellt sind und daher stark dunkel gerandet erscheinen.

Correns (1892, p. 294 u. p. 331—332) hat einen interessanten Versuch mit Kartoffelstärkekörnern gemacht, der mir bei geeigneter weiterer Verfolgung wichtige Ergebnisse zu versprechen scheint. Trockene Körner wurden mit 2—5 % Silbernitratlösung imbibirt, darauf mit 0,75 % Kochsalzlösung behandelt und das Chlorsilber am Licht reducirt. Ganz ausgetrocknet und in Kanadabalsam eingebettet zeigten sie in den hellen Schichten je eine Punktreihe feiner dunkler Körnchen. Die beigegebenen Abbildungen (Fig. 20—23 Taf. 15) entsprechen, abgesehen davon, dass stets nur relativ wenige solcher konzentrischer feiner Punktreihen zu sehen sind, durchaus den von mir beobachteten, wenn wir die sehr wahrscheinliche Annahme machen, dass die Ausscheidung des Silbers in den Kämmerchen der Schichten geschieht und diese so, schwarz erfüllt, deutlich sichtbar werden. Dass nur relativ wenige Kämmerchenschichten auf diesem Wege zur Ansicht gebracht wurden, erklärt sich wohl dadurch, dass die Versuche mit ungequollenen Körnern angestellt wurden, bei denen nur wenige Kämmerchenreihen offen sind. Die „homogen rauchgrau gefärbten Lamellenkomplexe“, die Correns zuweilen noch sah, beruhten wohl auf solchen Schichtenkomplexen, deren Kämmerchen nahezu geschlossen und daher nach der Färbung zu klein für scharfe Unterscheidung waren. Correns sucht die Punktreihen einfach als punktförmige Niederschläge des Chlorsilbers in den mit Nitratlösung gleichmässig imbibirten, sog. weichen oder hellen Schichten zu deuten, eine Ansicht, welche durch den geführten Nachweis einer entsprechenden Struktur in den einfach gequollenen Schichten unhaltbar geworden ist[1].

Oben (p. 287) wurde angegeben, dass die mit starker Chlorcalciumlösung behandelten Arrow-root-Reste sich mit Jod blau färben und dass bei fortgesetzter Behandlung eine theilweise Zerstörung der Reste eintritt. Die dabei verbleibenden Frag-





Fig. 88.

Durch Behandlung mit konzentrirter Chlorcalciumlösung theilweis aufgelöste Reste von Arrow-root-Körnern. Mit Jod stark blau gefärbt. Obj. 2. Oc. 12. Blende ziemlich weit, reines Farbenbild. Einstellung tief.

mente waren für das Studium der Struktur sehr belehrend. Auf den beiden Textfig. 88 sind zwei derartige Fragmente abgebildet. Fig. 2 zeigt nur noch das Centrum erhalten und darum drei konzentrische Wabenschichten, von welchen die äusserste

[1]) Einige eigene Versuche mit Stärkekörnern nach dem Correns'schen Verfahren ergaben keine sehr schönen Resultate. Dagegen konnte ich neuerdings Präparate sehen, die Herr Dr. Hugo Fischer nach seinem etwas modifizirten Verfahren von Stärkekörnern und Inulinsphären angefertigt hat, welche die Erscheinung zum Theil ganz prachtvoll zeigen.

zur Hälfte zerstört ist. Die Radiärbälkchen sind hier ungemein deutlich, namentlich auch deshalb, weil sie wie die konzentrischen Grenzwände deutlich blau gefärbt waren; weshalb die Untersuchung bei ziemlich weiter Blende geschehen konnte, also das reine Farbenbild zur Beobachtung kam. Auf der linken Seite ist die äusserste konzentrische Wabenlage zerstört; dennoch sind die Reste der Radiärbälkchen als dornartige Spitzchen zum Theil deutlich verblieben, ja sogar unten noch einige Reste der daranschliessenden konzentrischen Grenzwand.

Aehnlich belehrend ist Fig. 88 1, bei welcher die Radiärbälkchen gleichfalls sehr gut gefärbt waren. Hier handelt es sich um die Abwechslung dichterer und weniger dichter Schichten. Der wabige Bau der letzteren war wie gewöhnlich sehr deutlich zu sehen; der der dichteren Schichten, die sich auch durch intensivere Färbung als solche dokumentirten, war dagegen nur in Andeutung hie und da zu erkennen. Auch die Bedeutung dieses Bildes beruht vorwiegend darin, dass es wegen der Färbung bei stark geöffneter Blende beobachtet werden konnte; also die Möglichkeit ausgeschlossen ist, dass Täuschungen durch Beugungserscheinungen die Realität des Bildes beeinträchtigten.

Wir haben seither die Frage nicht erörtert, warum eine so grosse Uebereinstimmung der Struktur der schwach gequollenen Körner und der Reste besteht, obgleich beide doch auf wesentlich verschiedene Weise gewonnen werden. Das Hervortreten des Strukturbildes bei schwacher Quellung suchen wir darin, dass die im feuchten oder trockenen Stärkekorn äusserst kleinen Hohlräumchen bei der Quellung durch Wasseraufnahme anschwellen und sichtbar werden. Der Wechsel heller und dunkler Schichten in den trockenen oder feuchten Stärkekörnern beruht darauf, dass die Hohlräumchen verschiedener Schichten verschieden gross sind, die Dichte der verschiedenen Schichten daher verschieden ist und sie daher auch verschieden stark lichtbrechend sind.

Das so deutliche Strukturbild der Reste muss dagegen auf etwas andere Weise entstehen, da bei der Darstellung der Reste nur eine sehr geringe Quellung, jedenfalls aber keine sog. Lösungsquellung eintritt. Das Deutlichwerden der Struktur in den Resten kann wohl nur darauf beruhen, dass beim Einwirken der verdünnten Salzsäure eine allmähliche Erweiterung der Hohlräumchen durch theilweise Lösung der Wände stattfindet. Auf diese Weise muss auch hier, wenn genügende Vergrösserung der Hohlräumchen eingetreten ist, die Struktur erkennbar werden; bei zu langer Dauer der Lösung kann die Struktur jedoch wieder undeutlich werden, indem das Gerüstwerk der Räumchen zu sehr verfeinert wird und sich daher der Wahrnehmung entzieht. Auf diese Weise versuchten wir schon oben die Menge der anscheinend strukturlosen Körner unter den Resten zu erklären.

Ausser den Arrow-root-Körnern habe ich nur die Weizenkörner ein wenig untersucht und dabei Erfahrungen gewonnen, welche zur Vorsicht bei Anwendung der Quellungsmethode mahnen. Wenn man schwach gequollene Weizenkörner untersucht, wird man auf den ersten Blick glauben, dass hier ganz ähnliche Struktur-Verhältnisse bestehen wie bei den Arrow-root-Körnern. Dennoch liegt die Sache ganz anders. Die genaue Untersuchung lehrt nämlich, dass beim schwachen Quellen dieser Körner thatsächlich ein Zerspringen der Schichten in kleine Stückchen stattfindet. Man kann diese Erscheinung namentlich bei der

Untersuchung der Körneroberfläche sicher verfolgen, überzeugt sich jedoch auch bei genauer Untersuchung des optischen Durchschnitts, dass die Verhältnisse ganz andere sind als bei Arrow-root und zwar in dem eben dargelegten Sinne[1]). Um daher die Struktur der Weizenkörner richtig beurtheilen zu können, habe ich Reste derselben dargestellt durch Behandlung mit 1,56 % Salzsäure bei 80°. Es dauerte 6—7 Stunden, bis jede Spur Blaufärbung der Reste mit Jod verschwunden war. Die Reste erwiesen sich nun grossentheils sehr schön strukturirt und im Allgemeinen nur wenig von radiären Rissen durchsetzt. Die Schichtung tritt ausgezeichnet hervor und der Wechsel dichter und weniger dichter einwabiger Schichten ist sehr regelmässig (s. Fig. 11 Taf. 19). Der wabige Bau der Schichten ist ziemlich deutlich, wenn auch nicht so klar wie bei den Arrow-root-Körnern, und im Allgemeinen herrscht in der Anordnung der Waben eine viel ausgesprochenere Hinneigung zum strahligen Bau, als dies bei Arrow-root der Fall ist. Dabei ist klar zu erkennen, dass dies nur auf den Anordnungsverhältnissen der Waben beruht. Fig. 11 zeigt zwar den Gesammtcharakter der Struktur gut, ist jedoch wegen der Ungenügendheit der Reproduktionsmethoden für die Wiedergabe der feinen photographischen Details nicht im Stande, den Wabenbau ausreichend zu erläutern. Das Centrum der Weizenkörner ist ähnlich gebaut wie das der Arrow-root-Körner, indem es gewöhnlich aus einem stäbchenartigen Gebilde besteht; was zur Folge hat, dass die sich zunächst darumlagernden Schichten in der Regel oval sind und erst die späteren mehr kreisrund werden.

Die früheren Ansichten über den Bau der Stärkekörner zu erörtern, kann ich unterlassen, da dieser Gegenstand in Meyer's Buch (1895) eingehend besprochen wurde. Namentlich kann auch jede Besprechung der Nägeli'schen Micellartheorie in Bezug auf den Bau und das Wachsthum der Stärkekörner unterbleiben, da einerseits aus meinen früheren Schriften (speziell 1896) und der Erörterung auf p. 226 ff. hervorgeht, dass ich mit derselben nicht übereinstimme, und A. Meyer sie gerade für die Stärkekörner ausführlich zurückgewiesen hat. Meine Aufgabe kann daher nur sein, meinen Standpunkt gegen A. Meyer's Ansichten vom Bau der Stärkekörner zu vertheidigen. In meiner vorläufigen Mittheilung von 1896 (p. 1) äusserte ich mich hierüber folgendermassen: „Die Meyer'sche Auffassung der Bauverhältnisse der Sphärokrystalle im Allgemeinen und der Stärkekörner im Besonderen ist ein Produkt schematisirender und theoretisirender Verallgemeinerung, die auf ungenügenden mikroskopischen Untersuchungen beruht, was schon ein Blick auf die beigegebenen, kaum skizzenhaften Abbildungen lehrt. Die Schwierigkeiten, welche das richtige Verständniss echter Sphärokrystalle, die natürlich von Krystalldrusen wohl zu unterscheiden sind, bietet, und die mich zu vorsichtiger und daher in einzelnen Punkten schwankender Beurtheilung führen mussten — diese Schwierigkeiten existiren für Herrn Meyer gar nicht, da er sie vollkommen unbemerkt liess, indem er seine unvollständigen Beobachtungen in das aufgestellte Schema von dem trichitisch-strahligen Bau der Sphärokrystalle mit mehr oder weniger Phantasie hineinpasste."

1) Schon O. Maschke (1852, p. 402) hat beobachtet, dass bei den auf 60° in Wasser erhitzten Weizenkörnern „statt jener zusammenhängenden Ringe" (Schichten) „Kreise kleiner Körnchen, namentlich in der Mitte der Bläschen auftreten: Fig. 6 u. 7". Es handelt sich hier sicher um die oben besprochene Erscheinung.

Dies Urtheil mag vielleicht etwas scharf und herb klingen, um so mehr, als es nicht in meiner Art liegt, über die Meinungen und Angaben Anderer, selbst wenn ich dieselben für irrig halte, in dieser Weise zu urtheilen; indem mir die Bemühungen um die Lösung wissenschaftlicher Probleme schon dankenswerth erscheinen, auch wenn die Ergebnisse wenig zutreffende sind. Gewöhnlich bringen sie doch einiges Neue zur Kenntniss oder geben Veranlassung zu erneuter Prüfung der betreffenden Fragen. Die Bitterkeit und Schärfe, mit welcher das obige Urtheil ausgesprochen wurde, rechtfertigt sich jedoch wohl aus der Beurtheilung, welcher A. Meyer meine beiden Mittheilungen über die Stärkekörner (1893) und den Bau der Sphärokrystalle (1894) in seinem Buch unterzogen hat, und die mich geradezu als eine quantité négligeable hinstellte; was aus der folgenden Wiedergabe der ganzen, auf meine Mittheilungen bezüglichen Stelle recht charakteristisch hervorgeht (p. 156—157).

„Zu den alten Hypothesen über die Struktur der Stärkekörner ist in letzter Stunde noch eine neue hinzugekommen, welche ich nur deshalb erwähne, weil sie von einem sehr hervorragenden Zoologen herrührt. 1893 hat Bütschli eine Mittheilung über den feineren Bau der Stärkekörner veröffentlicht. Bütschli schreibt den intakten Stärkekörnern „Wabenstruktur“ zu. Er sieht dieselbe an ungequollenen Stärkekörnern nur undeutlich, an gequollenen sehr gut. Er sagt: „„Unter den wenig aufgequollenen wird man nun stets eine Anzahl finden, welche bei Untersuchung mit starken Vergrösserungen nicht nur die Schichtung vortrefflich zeigen, sondern gleichzeitig auch eine regelmässige Struktur der Schichten selbst aufweisen. Jede Schicht ist deutlich radiär gestreift, d. h. sie besteht nach meiner Auffassung aus einer einfachen Schicht von Waben, deren Wände aus fester Stärkesubstanz, deren Inhalt dagegen aus Wasser oder schwacher Stärkelösung besteht.““ Die Waben, welche Bütschli abbildet, hat sich Bütschli durch die Radialrisse und konzentrischen Schichten vortäuschen lassen. Es ist höchst interessant zu sehen, wie ein so vortrefflicher Beobachter die Schaum- und Wabenstruktur, mit welcher er sich eingehend beschäftigte, in die Objekte hineinsieht. Ausserdem findet sich in der Abhandlung noch die Mittheilung über eine vermeintliche Darstellung künstlicher Stärkekörner. Diese künstlichen Stärkekörner Bütschli's sind nur die bekannten Tröpfchen-Aggregate, also Gebilde, wie ich sie in Fig. Z 4a auf Taf. 7 abbildete und schon 1886 abgebildet hatte. Da auch die Inulinsphärokrystalle nach Bütschli Schaumstruktur besitzen sollen, so werde ich wohl berechtigt sein, über diese Mittheilungen hinwegzugehen, bis Bütschli den Beweis für diese neue Auffassung der Sphäriten erbracht hat.“

Als Anmerkung auf p. 157 ist dem Vorherstehenden dann noch das Folgende zugefügt:

„In einer 1894 erschienenen Abhandlung lässt Bütschli seine eben charakterisierte Ansicht theilweise fallen und nähert sich der richtigen um einige Schritte. Wenn er auch die Inulinsphärokrystalle noch aus Bläschen und Waben entstehen und bestehen lässt (S. 16), so erkennt er doch an, dass das Inulin das Bestreben (S. 17) zur Ausbildung wirklich krystallinischer Zustände habe. Obgleich Bütschli Calciumkarbonatsphärite mit deutlicher „„radialstrahliger Struktur““ (S. 23) beobachtete und anscheinend noch mancherlei unter den Augen gehabt hat, was ihn zur richtigen Auffassung der Sphärite hätte führen müssen, kommt er doch leider nicht zu einer

annähernd richtigen und festen Ansicht. Er sagt allerdings S. 31: „„„Für die früher beschriebenen wabigen Strukturen der geronnenen Substanzen und flüssigen Schäume, welche Entmischungsvorgängen ihre Entstehung verdanken, lässt sich die Realität der schaumartigen Struktur im allgemeinen bestimmt nachweisen und auch ihre Entstehung begreifen. Für die ähnlichen Strukturen der beschriebenen krystallinischen Substanzen dagegen ist die Frage, ob sie ebenfalls auf einem wirklich schaumartigen Bau beruhen, trotz ihrer anscheinend so grossen Uebereinstimmung mit den erstgenannten recht zweifelhaft.""" Jedoch entschliesst sich Bütschli zuletzt zu folgender Meinung (S. 35): „„„Wenn ich mich jedoch bei dem zeitigen Umfang meiner Erfahrung darüber aussprechen soll, welchen der eventuellen Bildungsvorgänge ich für den wahrscheinlichsten halte, so muss ich mich für den an zweiter Stelle besprochenen (dass sie eine wabenartige Struktur besässen, welche aus feinen Globuliten aufgebaut sei S. 34), erklären. Ich habe beim Inulin sogar recht bestimmte Anzeichen dafür gefunden, dass sich wirklich solche hohle Kügelchen an dem Aufbau der Sphären betheiligen. Anderseits ist jedoch zuzugeben, dass das Wachsthum der Sphärokrystalle in das der gewöhnlichen Krystalle übergehen kann, wofür die vorhin aufgezählten Erfahrungen sprechen. Wenn ich also auch diesen Entstehungsprozess der Strukturen für den gewöhnlichsten halte, so möchte ich damit doch nicht völlig ausschliessen, dass möglicherweise auch echte wabige vorkommen, da es einstweilen nicht völlig abzuweisen ist, dass die Strukturen zum Theil gemischte sein könnten, d. h. sich theils wabig, theils dagegen globulitisch verhielten."""

„Die Unsicherheit und das Schwankende der Ansichten Bütschli's tritt in diesem Satze scharf hervor. Besonders in dem Kapitel über die Cellulosemembranen zeigt es sich aber auch klar, dass Bütschli ganz verschiedenartig strukturierte Gebilde für gleich gebaut erklärt. In Cellulose zurückverwandelte Collodiummembran besitzt einen feinwabigen Bau (S. 38); viele klare Bilder sprechen für eine wabige Struktur der Leinenfasern (S. 42); in einer Schale auf dem Wasserbade eingedampfte Celluloselösung in Kupferoxyd-Ammoniak ist ebenfalls wabig gebaut (S. 48) [1]. Bei dieser Art der Auffassung ist es für unsere Frage relativ belanglos, wenn Bütschli Sphärokrystalle und Stärkekörner als gleich gebaut erklärt und sich so der von mir schon längst ausgesprochenen, jetzt genau begründeten Ansicht zuwendet. Diese Erklärung giebt Bütschli mit folgenden Worten (S. 31): „„„Für die ähnlichen Strukturen der beschriebenen krystallinischen Substanzen dagegen ist die Frage, ob sie ebenfalls auf einem wirklich schaumartigen Bau beruhen, trotz ihrer anscheinend so grossen Uebereinstimmung mit den erstgenannten, recht zweifelhaft. Dass zu dieser zweiten Kategorie die Struktur der Stärkekörner gehört, ist ganz sicher, da ihre Uebereinstimmung mit jenen des Inulins und der übrigen Sphärokrystalle so vollständig ist, dass über ihre Deutung als Sphärokrystalle kein Zweifel sein kann. Ich darf dies um so bestimmter aussprechen, als ich bei Beginn meiner Studien diese Ansicht keineswegs für richtig hielt!"""

---

1) Wie Meyer in meinen, von ihm oben angeführten Beobachtungen über Collodium und Cellulose die Berechtigung findet zu schliessen, „dass ich ganz verschiedenartig strukturirte Gebilde für gleich gebaut erkläre", bleibt mir unverständlich. Mir ist nichts davon bekannt, dass er diese Dinge untersucht hätte. Es kann also nur der „geschulte Blick des Botanikers" sein, der ihn auch hier meine Irrthümer sofort durchschauen liess.

Ungeachtet der kleinen besänftigenden Pflaster, durch welche Meyer sein vernichtendes Urtheil über meine Beobachtungen und Ansichten etwas zu mildern sucht, nämlich die Hinweise auf „den sehr hervorragenden Zoologen" und den „so vortrefflichen Beobachter", gipfelt seine Kritik doch darin, dass meine ganze Darstellung auf groben Irrthümern beruhe, so grober Art, dass sie überhaupt keine ernstliche Berücksichtigung verdiene, und er sie „nur deshalb erwähnt, weil sie von einem sehr hervorragenden Zoologen herrührt". Meine Mittheilung von 1894, welche durch die Wiedergabe von Mikrophotographien erläutert wurde, die jeden einigermassen unbefangenen Beurtheiler doch etwas stutzig hätten machen müssen, wird in der oben citirten Anmerkung flüchtig beurtheilt, in dem offenbaren Bestreben, das, wahrscheinlich schon vor Kenntniss dieser Arbeit gefällte und gedruckte Urtheil über die Mittheilung von 1893 haltbar scheinen zu lassen. Denn nur so ist zu erklären, dass die Besprechung dieser ausführlicheren Arbeit in die Anmerkung gelangte. Um meine Angaben zu diskreditiren, wendet Meyer in dieser Anmerkung das Verfahren an, dass er die von mir beigebrachten Thatsachen, welche seinen Ansichten widersprechen, möglichst ignorirt, dagegen in den Vordergrund stellt, dass ich über die Entstehungsart der geschilderten Strukturen der krystallinischen Substanzen zu keiner ganz bestimmten Entscheidung gelangte. Es handelt sich dabei um ein Problem, das vielleicht noch recht lange auf seine sichere Lösung warten lassen wird.

Die 1893 u. 94 mitgetheilten Thatsachen dagegen beurtheilt er nach wie vor als grobe Irrthümer, wie aus seiner Bemerkung in der Kritik von 1896 hervorgeht, wo es heisst (p. 328—29): „Die direkte Vergleichung der von Bütschli gegebenen Figur mit einem gequollenen Arrow-root-Stärkekorn lehrte, dass die Linien, welche die Wabenwände vorstellen sollen, aus zwei ganz verschiedenen Dingen zusammengesetzt sind, aus den Bildern der Schichten und aus den Bildern der Risse, welche die Schichten senkrecht durchsetzen. Eine ähnliche Bewandniss hat es mit der Schaumstruktur der von Bütschli untersuchten Inulinsphärokrystallen. Und weiter: „der grobe Fehler, den Bütschli bei der Deutung des Bildes der quellenden Stärkekörner beging, schien mir eine Erklärung in der langen Beschäftigung Bütschli's mit Objekten, welche wirkliche Schaumstruktur besitzen, zu finden."

In diesem Citat ist von einer Figur die Rede, die ich von dem gequollenen Arrow-root-Korn gegeben habe, ohne nähere Angabe welcher, da meiner Mittheilung von 1893 eine schematische Figur beigegeben ist, dagegen meiner Mittheilung von 1894 die Mikrophotographie eines schwach gequollenen Arrow-root-Korns, welche die Verhältnisse so zeigt, wie sie in der Natur liegen und beweist, dass die von mir 1893 gegebene schematische Abbildung mit den natürlichen Verhältnissen übereinstimmt.

Den mir vorgeworfenen „groben Fehler", hervorgerufen durch „Radialrisse und konzentrische Schichten", habe ich schon oben (p. 302) zurückgewiesen, indem ich zeigte, dass nach Meyer's eigenen Angaben bei der schwachen Quellung mancher Stärkekörner keine erheblichen Rissbildungen auftreten und dass er selbst schwach gequollene Arrow-root-Körner, die hierauf mit etwas Speichel behandelt wurden, als Belege für die radialtrichitische Struktur auf p. 122 anführt und auf Fig. B Taf. VIII abbildet. Nun beziehen sich aber sämmtliche Abbildungen der Meyer'schen Taf. VIII, welche die radialtrichitische Struktur verschie-

dener Stärkekörner erläutern sollen, auf durch heisses Wasser oder Calciumnitrat mehr oder weniger gequollene Körner. Einzig die Textfigur 5 auf p. 121 stellt ein frisches, nicht gequollenes Korn der Kartoffel dar; auf diese Figur wird weiter unten besonders einzugehen sein. Wie ich schon oben betonte, folgt also hieraus das seltsame Resultat, dass Meyer zur Ermittelung der Struktur der Stärkekörner ganz dieselbe Methode der schwachen Quellung benutzte wie ich, und dass er aus ihr bindende Schlüsse über den radialtrichitischen Bau der Körner ableiten zu dürfen glaubt, während er die gleiche Methode, wenn ich sie anwende, als zu groben Irrthümern führend, verurtheilt. Jeder logisch denkende und unbefangene Beurtheiler muss hieraus schliessen, dass entweder auch die Meyer'schen Bilder, welche die radialtrichitische Struktur erweisen sollen, auf Rissbildungen der Schichten beruhen, oder, wenn dies nicht der Fall ist, dies ebensowenig für die von mir gezeichneten und photographirten behauptet werden kann. Ich erinnere auch an die p. 303 besprochene Schilderung, welche Strasburger (1882) von der Struktur schwach gequollener Stärkekörner gab, und die mit der meinigen bis aufdie Deutung übereinstimmt. Strasburger leugnet entschieden, dass Rissbildungen an dem Entstehen dieses Strukturbilds betheiligt sein könnten.

Sehen wir uns aber auch etwas näher an, wie sich Meyer denn eigentlich vorstellt, dass das von mir geschilderte Bild zu Stande komme. 1896 (p. 328—29) spricht er sich darüber am bestimmtesten aus und zwar heisst es dort, wie schon oben citirt, „dass die Linien, welche die Wabenwände vorstellen sollen, aus zwei ganz verschiedenen Dingen zusammengesetzt sind, aus den Bildern der Schichten und aus den Bildern der Risse, welche durch die Quellung entstehen, und die Schichten senkrecht durchsetzen.“ Diese Erklärung erscheint nun bei näherer Ueberlegung sehr merkwürdig. Einmal sollen nämlich die konzentrischen dunklen Grenzstreifen der aufeinanderfolgenden Wabenschichten von „den Schichten“ herrühren und zweitens sollen die hellen Wabenräume der hellen Streifen sowie die Radiärbälkchen daher rühren, dass die Schichten von senkrechten Rissen durchsetzt, d. h. in radial geordnete Stückchen zerfallen sind. Demnach werden die Schichten einmal als zusammenhängend und nicht zerfallen, das andere Mal als durch Risse in minutiöse radiale Stückchen zerlegt aufgefasst. Man würde sich das von mir geschilderte Bild nach der Meyer'schen Deutung so erklären müssen, dass stets alternirend die einen Schichten von senkrechten Rissbildungen zerklüftet, die andern dagegen nicht zerklüftet wären, eine Vorstellung, welche wohl Niemand für annehmbar erachten wird. Wenn Meyer mit seinen Rissbildungen, welche mich allein, ihn dagegen nie in grobe Irrthümer gestürzt hätten, überhaupt gegen die von mir gegebenen Bilder hätte zu Felde ziehen wollen, so wäre nicht die von ihm gegebene Erklärung annehmbar gewesen, sondern diejenige, dass das Bild daher rühre, dass alle Schichten des Korns durch senkrechte Risse in kleine, etwa stäbchenförmige Stückchen zerfallen seien, welche durch schwächer lichtbrechende Zwischenräume sowohl von ihren Nachbarn in derselben Schicht, als die ganze Schicht von den anstossenden folgenden durch zwei konzentrische Zwischenräume gesondert seien. Dann würde sich das von mir gesehene Bild einfach deuten lassen als das dunkle Bild der schwächer lichtbrechenden Zwischenräume bei hoher Einstellung. Einer solchen Deutung steht aber im Wege, dass die bei tiefer Einstellung hellen

Wabenräume der Schichten nachweislich das schwächer lichtbrechende sind, die Wände hingegen das stärker brechende; was ferner ganz klar daraus folgt, dass die Hohlräumchen sich mit Gas erfüllen lassen, also ursprünglich eine wässerige Flüssigkeit enthalten.

Nun wird aber Jeder, der die von Meyer gegebenen Figuren B, C, D, F, G, H auf seiner Taf. VIII, welche die radialtrichitische Struktur beweisen sollen, aufmerksam betrachtet, erkennen, dass sie nichts anderes darstellen als dieselben Bilder, welche auch den von mir untersuchten, schwach gequollenen Stärkekörnern zu Grunde lagen; mit der Einschränkung, dass die Figuren viel zu skizzenhaft sind, um daraus entnehmen zu können, in wiefern nicht etwa Zerklüftungen der Schichten durch Radiärrisse zu ihrer Entstehung beigetragen haben, da wir ja selbst bei der Quellung der Weizenkörner derartige weitgehende Zerklüftungen beobachteten. Für das Fig. B abgebildete, schwach gequollene und darauf „minutenlang" mit kaltem Speichel behandelte Arrow-root-Korn dürfen wir nach unseren Erfahrungen solche Rissbildungen wohl sicher ausschliessen. Ein Vergleich dieser Figur mit den unserigen zeigt aber weiter nichts, als dass, wie ich schon 1896 hervorhob, eine skizzenhafte Darstellung des wahren Bildes vorliegt, nach Untersuchungen mit wahrscheinlich ungenügenden optischen Hilfsmitteln. Im Text wird (p. 124) einmal erwähnt, dass die Zeiss'sche Oelimmersion $^{1}/_{12}$ angewendet wurde.

Die betreffenden Figuren zeigen meist nur eine feine radiäre Strichelung einiger durch unstrukturirte Zwischenräume getrennter Schichten. Von den dunklen zickzackförmigen Grenzlinien der Schichten ist in der Regel gar nichts zu bemerken; wo Spuren derselben zu sehen sind, wie auf den Fig. B und H sind sie doch nur angedeutet, jedoch in ihrer Beschaffenheit und ihren Beziehungen zu den Wabenräumen der Schichten nicht erkannt. — Wie ich schon oben erwähnte, ist unter den von Meyer gegebenen Figuren nur eine einzige, welche den natürlichen Verhältnissen entspricht und deshalb auch ganz den von mir gegebenen Bildern gleicht. Dies ist die Textfigur 5 auf p. 121, welche ein frisches Kartoffelstärkekorn darstellt. Abgesehen von dem kleinen Massstab der Ausführung, welcher es zum Theil bedingt, dass die Beschaffenheit der dunklen Grenzlinien der Schichten, sowie das Verhältniss der Radiärbälkchen der aufeinanderfolgenden Schichten zu einander, nicht zu erkennen sind, zeigt diese Figur, wie bemerkt, genau den Bau, den ich schon 1893 erörtert und welchen Meyer dann für durchaus irrthümlich erklärte. Dass diese Figur bei Meyer im Text steht, also auf den Tafeln keinen Platz mehr gefunden hat, scheint wohl daher zu rühren, dass sie erst nach der Herstellung der Tafeln entstanden ist, also wohl aus einer Zeit stammt, wo Meyer mit meinen Beobachtungen bekannt geworden war. Für die Sache selbst kommt jedoch darauf wenig an; für sie ist nur wichtig, dass hier eine Figur vorliegt, die Meyer für durchaus normal erklärt und welche zweifellos genau das Gleiche zeigt, was ich auf meinen Bildern dargestellt habe. Dass auch ein frisches, nicht gequollenes Stärkekorn, wie es dieser Figur zu Grunde liegt, gelegentlich die Struktur ganz gut zeigen kann, hat nichts auffallendes; da wir ja bei den künstlichen Körnern viele schön strukturirte unter zahlreichen anscheinend homogenen fanden und die gleiche Erscheinung bei Sphärokrystallen ganz gewöhnlich ist. Auch ist leicht denkbar, das unter gewissen Bedingungen Lösungserscheinungen schon in

dem Organismus eine Verdeutlichung der Struktur in ähnlicher Weise hervorrufen können, wie es verdünnte Salzsäure bei der Bildung der Reste thut.

Wie aber aus den obigen Citaten hervorgeht, leugnet Meyer nicht nur die von mir geschilderte Struktur der Stärkekörner, sondern erklärt auch den wabenartigen Bau, den ich in einer mit den Stärkekörnern ganz übereinstimmenden Weise bei zahlreichen Sphärokrystallen gefunden habe, für ebenso grob fehlerhaft, wie das von mir über die Stärkekörner berichtete. Auch bei den übrigen Sphärokrystallen, insbesondere denen des Inulins, soll die von mir geschilderte Struktur lediglich durch Rissbildungen der Schichten vorgetäuscht worden sein. Wahrlich eine kühne Behauptung, die den Sphärokrystallen ein seltsames Vermögen zur Bildung regelmässigster Risssysteme zuschreibt und zudem eine Erscheinung von ganz allgemeiner Verbreitung bei den Sphärokrystallen. Ich glaube jedoch, es wird genügen, wenn ich auf die zahlreichen, in dieser Arbeit beigebrachten Erfahrungen über den Bau der Sphärokrystalle verschiedenster Substanzen hinweise, um diese Behauptung Meyer's als ganz irrthümlich bezeichnen zu dürfen. — Auf welche Erfahrungen aber stützt denn Meyer eigentlich seine Behauptung, insofern sie über die Stärkekörner hinausgeht? Ich bedauere, sagen zu müssen, eigentlich auf keine. Abgesehen von einigen Beobachtungen über Sphären des Amylodextrins (Taf. VIII Fig. V, Y, a und b), hat er keine typischen Sphärokrystalle mikroskopisch genauer untersucht. Denn die in Figur W und X dargestellten Sphärokrystalle von Eisenchlorid sind bei natürlicher Grösse abgebildet und wohl auch schon ihrer Grösse wegen keine eigentlichen Sphärokrystalle sondern Krystalldrusen, da wir ja auch beim kohlensauren Kalk (s. p. 125) sehr gewöhnlich Sphärokrystalle in Krystalldrusen übergehen sahen. Ueber die Sphärokrystalle des Amylodextrins besitze ich wenig eigene Erfahrungen; wenn ich jedoch namentlich Meyer's Figur a betrachte, so scheint mir nicht im geringsten zweifelhaft, dass sie den gewöhnlichen Bau strahliger Sphären mit Andeutung von Schichtung besitzen. Meyer hat aber auch hier wie bei den Stärkekörnern übersehen, dass die Strahlen oder Trichiten, die er einzeichnet, nicht isolirte nadelförmige Krystallindividuen sind, sondern durch zahlreiche Querverbindungen zusammenhängen; d. h., dass eben der Bau sich findet, den ich für die strahligen Sphärokrystalle in dieser Arbeit vielfach beschrieben habe. Aus dem Obigen geht hervor, dass Meyer's Erfahrungen über den mikroskopischen Bau der Sphärokrystalle sehr beschränkte sind und seiner Behauptung demnach das Fundament fehlt.

Sehen wir nun zu, welchen Bau Meyer den Sphärokrystallen im Allgemeinen und den Stärkekörnern im Besonderen zuschreibt und wie er zu dieser Auffassung gelangte. Da er, wie angegeben, nur über sehr geringfügige eigene Studien an Sphärokrystallen verfügt, so hat er sich an das gehalten, was die Krystallographen und Mineralogen über diese Gebilde angeben. Im Besonderen ist es die Ansicht Lehmann's, welche er seiner Auffassung der Sphären zu Grunde legt und die er daher auf p. 106 ausführlich citirt. Ich will dies Citat hier nicht wiederholen, sondern sofort die Ansicht Meyer's über den Bau der Sphärokrystalle erörtern und erst später auch über Lehmann's Anschauungen einige Worte zufügen. Nach Meyer ist ein Sphärokrystall eine Druse radialgestellter, um ein Centrum geordneter feiner nadelartiger Krystallindividuen, die er Trichiten nennt. Dass dies seine Meinung ist, geht aus einer

Reihe von Aussprüchen deutlich hervor. So sagt er p. 102. „Wenn man sich eingehend mit der Darstellung von Sphärokrystallen beschäftigt, so wird man leicht die Beobachtung machen, dass ein zur Sphärokrystallbildung neigender Körper auch leicht in Aggregatformen krystallisirt, die man als kugelige Krystallgruppen mit centralem Stützpunkt bezeichnen kann, und dass es von diesen Krystallgruppen zu Sphärokrystallen, deren Einzelkrystalle man mit dem Mikroskop nicht mehr erkennen kann, alle Uebergänge giebt." Aus der weiteren Darstellung, welche sich mit der Schilderung derartiger Uebergänge beschäftigt, geht dann deutlich hervor, dass Meyer, wie gesagt, die Sphärokrystalle für Krystalldrusen hält, deren Elemente oder Individuen sehr fein nadelartig und, wie sich aus dem Folgenden ergiebt, gleichzeitig in der Regel büschelig verzweigt sind. So bemerkt er (p. 105): „Eine allgemeine Eigenschaft der aus Trichiten bestehenden Sphärokrystalle scheint es zu sein, dass dieselben aus zu einzelnen Büscheln vereinigten Trichiten aufgebaut sind, dass sie nicht aus parallel gestellten, einzeln vom Centrum ausstrahlenden Trichiten bestehen." Auch die anscheinend homogenen Sphärokrystalle, „die auch bei stärkster Vergrösserung keine Einzelkrystalle mehr zeigen", sind in der gleichen Weise aufzufassen. Die Uebergänge, die zwischen ihnen und den deutlich trichitischen bestehen, heisst es „geben uns das Recht, auch die homogensten Sphärokrystalle als sehr zartkrystallige, kugelförmige, centrische Krystallgruppen aufzufassen". Es fragt sich dann nur noch, wie die häufige Schichtenbildung, welche ja gerade bei den Stärkekörnern eine so grosse Rolle spielt zu Stande kommt. Dies geschieht nach Meyer derart, dass die vom Centrum ausstrahlenden Trichitenbüschel in gewissen Abständen vom Centrum entweder ihre Dicke (d. h. die der Trichiten) ändern, dicker oder dünner werden, oder dass ihre büschelige Verzweigung lockerer oder gedrängter wird; in Folge dessen werden sich lockere und dichtere Schichten bilden, die mit einander alterniren und deren Verursachung in kleinen Veränderungen der Lösung, aus der der Sphärokrystall sich ausscheidet, zu suchen ist. Auf p. 107 bildet Meyer das Schema eines solchen Sphärokrystalls ab, wie er sich ihn denkt. Die einzelnen sog. Trichitenbüschel, die hier etwa in Gestalt reich verzweigter Bäumchen gezeichnet werden, entsprechen keineswegs dem, was man in der Krystallographie und was auch speziell Lehmann, auf den sich Meyer bezieht, als Trichite bezeichnet; vielmehr wären diese verzweigten Gebilde sicher unter die Kategorie der sog. Wachsthumsformen der Krystalle, die Krystallite oder Krystallskelette einzureihen. Dies scheint Meyer auch zu fühlen, da er auf p. 107, wo er Lehmann's Ansicht über die Bildung der Sphärokrystalle bespricht, die Bemerkung einschaltet: „es wäre auch möglich, dass in zahlreichen Fällen eine Verzweigung der Trichite durch Aufwachsen von Krystallen in Zwillingsstellung, oder dass ein der Skelettbildung gleicher Prozess die Ursache der Entstehung der Sphärokrystalle wäre."

Lehmann's Ansicht über die Sphärokrystalle ist nämlich die, dass sie durch büschelige oder pinselförmige Verzweigungen eines centralen kleinen Kryställchens entstehen, auf welche Weise „centralfaserige Sphären" sich bildeten. Die Ursache dieser Verzweigungen sei jedenfalls „das Vorhandensein innerer Spannungen" (Bd. I, p. 379). Diese, meiner Meinung nach nicht recht klare Ansicht, führt Lehmann denn auch zu der Vorstellung, dass ein Sphärokrystall „gewissermassen ein Individuum sei," aus welchem Grund er gerade die Bezeichnung Sphärokrystall für

gerechtfertigt hält (p. 379 Anm.). Immerhin ist ja dieser Ausspruch nur tastend, da er durch das „gewissermassen" wieder schwankend wird, und ebenso auch durch die im Vordersatz sich findende Anerkennung, dass „ein Sphärokrystall als fertiges Produkt betrachtet, allerdings auch ein Krystallaggregat ist." Es verdient jedoch besonders betont zu werden, dass Lehmann's Ansicht, der Sphärokrystall sei „gewissermassen ein Individuum", sich sehr der Auffassung nähert, zu welcher mich meine Studien geführt haben und die sich in gleicher Weise auch schon Harting aufdrängte.

Diese Ansicht steht aber in ganz direktem Gegensatz zu der Meyer's, welcher die Drusennatur der Sphären durchaus festhält. Da Meyer sich, wie gesagt, auf Lehmann's Ansicht beruft, so dürfte es sich doch empfehlen, aus dessen Schilderung der Sphärokrystalle einen Punkt besonders hervorzuheben, der lautet (Bd. I, p. 380): dass „die Oberfläche" (der Sphärokrystalle) niemals völlig glatt, sondern stets mit mikroskopischen Rauhigkeiten besetzt ist, den vorragenden Enden der einzelnen Krystallzweige, an welchen sich noch, wenn auch ungemein klein, ebene Facetten, die Flächen des normalen Krystalls vorfinden." Dies gilt nun ebensowenig für die Stärkekörner wie für die sonstigen typischen, gut entwickelten Sphärokrystalle, deren Oberfläche ebenso glatt ist, wie jede normale Krystallfläche, wenn auch gekrümmt. Lehmann hat eben auch eigentliche, typische Sphärokrystalle kaum untersucht, weder die des Inulins noch die des kohlensauren Kalks oder anderer Kalksalze; womit zusammenhängt, dass er die typische und charakteristische Schichtenbildung zahlreicher Sphärokrystalle nur ganz nebenbei erwähnt (p. 389) nach den Beobachtungen Frankenheim's. Uebrigens bleibt auch Lehmann in seiner Auffassung der Sphärokrystalle nicht konsequent; denn für salpetersauren Baryt und übermangansaures Kali schildert er direkt feine Skelettbildungen als sphärokrystallinische, was ja auch durchaus gerechtfertigt ist.

Kehren wir nun wieder zu Meyer's Auffassung der Sphärokrystalle zurück, so ist zunächst ein Punkt hervorzuheben, über welchen nirgends klare Auskunft ertheilt wird. Die Sphären sollen aus vielfach verzweigten Büscheln von Trichiten bestehen. Wie aber verhalten sich denn diese Büschel zu einander; sind sie nur in dem gemeinsamen Centrum, von dem sie alle ausgehen, verwachsen und im übrigen unter einander zusammenhangslos? Dies scheint mir Meyer's Meinung zu sein, über die jedoch, wie gesagt, nirgends etwas Bestimmtes angegeben wird, welche aber auch aus der Ableitung der Sphären von Krystalldrusen sicherlich zu folgen scheint. Eine solche Auffassung ist jedoch von vornherein und speziell für die Stärkekörner sehr unwahrscheinlich; denn dieselben sind sehr fest und zerspringen erst bei starkem Druck in radiale Stücke. Wären sie solche Büschel von nur im Centrum vereinigten Trichiten, so müsste man erwarten, dass sie sich bei Druck leicht in die Büschel zertheilen lassen. Wenn wir demnach Meyer's Ansicht über den Bau der Sphären und der Stärkekörner annehmen sollten, so müsste wenigstens zugegeben werden, dass die Zweige der einzelnen Trichitenbüschel und ebenso die Zweige der benachbarten Büschel unter einander auf das innigste verwachsen sind, so dass ein zusammenhängender fester Körper entsteht. Sobald wir dies aber zugeben, so folgt hieraus, dass das schematische Bild eines Sphärokrystalls, wie es Meyer auf p. 107 konstruirt hat, und für das seine Unter-

suchungen die nöthigen Anhaltspunkte vermissen lassen, in sehr wesentlichen Punkten mit den Bildern übereinstimmen würde, welche ich in dieser Arbeit für strahlig gebaute Sphären vielfach geschildert habe. Denn durch die Verwachsung der vielen Zweige der Trichitenbüschel würden die von mir geschilderten Hohlräumchen entstehen und die Trichitenbüschel bildeten das Gerüstwerk dieser Hohlräumchen. Unter dieser Voraussetzung schwände daher der nach Meyer's Meinung so tiefe Gegensatz zwischen der von mir vorgetragenen Ansicht und der seinigen sehr wesentlich und er wird noch geringer, wenn wir den feingeschichteten Bau der Stärkekörner betrachten.

Zuvor veranlasst jedoch Meyer's schematische Figur eines Sphärokrystalls noch eine Bemerkung. Wenn wir nach Meyer's Ansicht die einzelnen Zweige der Trichitenbüschel für feine Krystallnadeln halten und nun die Anordnung dieser Zweige untersuchen, so müsste daraus hervorgehen, dass ein solcher Sphärokrystall gar nicht die optischen Eigenschaften eines typischen zeigen könnte; denn in Folge der Verzweigung laufen die Trichiten in den verschiedensten Richtungen zu einander, was bewirken müsste, dass eine solche Sphäre gar kein oder doch nur ein sehr verschwommenes schwaches Kreuz im Polarisationsapparat zeigen könnte. Nun giebt es ja beim kohlensauren Kalk thatsächlich Sphären (s. oben p. 128), die weder ein deutliches Kreuz noch geordnete Farben zeigen und welche daher eventuell mit der gemachten Voraussetzung harmoniren könnten. Die grosse Mehrzahl der Sphärokrystalle jedoch, mit so typischer Kreuzbildung und Farbenvertheilung, kann nicht in dieser Weise gebaut sein und ist es auch thatsächlich nicht, da sie entweder rein strahlig oder rein konzentrisch ist.

Wenden wir uns dem Bau der Stärkekörner speziell zu, so wäre zunächst zu betonen, dass Meyer diese für gemischte Sphärokrystalle hält, d. h. für Sphären zweier zusammenkrystallisirter Substanzen, der α-Amylose (= Cellulose C. Nägeli's = Farinose Mohl's) und der β-Amylose. Ueber die Frage, ob die α-Amylose, d. h. die Substanz der sog. Stärkereste, schon als solche im natürlichen Korn vorhanden ist, oder ob sie erst bei der Behandlung des Korns mit verdünnten Säuren, Speichel oder Malzauszug durch Umwandlung eines Theils der Substanz gebildet wird, findet sich bei Meyer auf p. 13 folgende Bemerkung. „Es ist in der That nicht leicht, sich für eine oder die andere Ansicht zu entscheiden. Es scheint mir jedoch wahrscheinlicher, dass die Amylose theilweise von vornherein in einer krystallisierten Form in den Stärkekörnern vorkommt, welche sowohl dem kochenden Wasser als dem Eindringen des Jodes in die Kryställchen einen grösseren Widerstand leistet, in Form der α-Amylose." Er schliesst dies hauptsächlich daraus, dass bei 70° verquollene Körner von Arrow-root schon noch einige Minuten langer Behandlung mit Speichel sich nicht mehr blau färben. Gegenüber dieser vorsichtigen Erörterung des Problems berührt es nun seltsam, dass der Abschnitt II p. 100 mit den Worten beginnt: „in den vorigen Abschnitten dieser Arbeit ist der Beweis dafür geführt worden, dass die Substanz, aus welcher die Stärkekörner zusammengesetzt sind, keine einheitliche ist, dass vielmehr die Amylose in zwei Modifikationen, α und β, darin vorkommt." Was also auf p. 13 nur „wahrscheinlich erscheint", gilt auf p. 100 als „bewiesen". Hierauf und auf Aehnliches bezog sich der in

meiner vorläufigen Mittheilung (p. 2) gemachte Ausspruch: „Aehnlich wie hinsichtlich des Baues der Sphärokrystalle hat sich jedoch Meyer auch in anderen Dingen eine schematische, zunächst auf Vermuthungen gegründete Ansicht gebildet, die ihm unter der Hand zur sichergestellten Thatsache wird"[1]). Ich glaube daher in diesem Urtheil nicht zu viel gesagt zu haben, um so mehr, als diese hypothetische Zusammensetzung der Stärkekörner aus zweierlei Substanzen die Grundlage für die von Meyer aufgestellte Theorie der Lösungsquellung der Körner bildet. Um jedoch zu dieser Theorie gelangen zu können, war es nöthig, eine weitere Annahme zu machen über die Vertheilung der beiden Substanzen in dem Korn. Es erhebt sich nämlich die Frage, ob in den Trichiten, welche die Körner aufbauen sollen, die α- und β-Amylose, eventuell auch das Amylodextrin, dessen Gegenwart Meyer gleichfalls in vielen Stärkekörnern annimmt, nach Art eines sog. Mischkrystalls vereinigt sind, d. h., ob in der Substanz jedes Trichits die beiden (oder gar die drei) Substanzen physikalisch ununterscheidbar vermischt sind, wie dies für die eigentlichen sog. Mischkrystalle gilt, oder ob sich in dem Korn Trichiten von α- und β-Amylose neben einander finden. Hierüber bemerkt Meyer auf p. 116: „Die Frage, ob das Amylodextrin mit der Amylose in Mischkrystallen krystallisirt, oder ob die drei Arten von Trichiten" (d. h. α-, β-Amylose und Amylodextrin) „durcheinanderwachsen, will ich nicht weiter diskutiren. Es scheint so, als ob beide Verhältnisse und dazwischenliegende vorkämen." Gründe, warum dies so scheint, werden jedoch keine aufgeführt. Während nun in dem eben citirten Passus die Diskussion dieser wichtigen Frage abgelehnt wird, tritt im Folgenden, ähnlich wie wir es schon für die Frage nach der α-Amylose gefunden haben, eine ganz bestimmte Entscheidung in den Vordergrund. Denn schon auf p. 125 heisst es: „Da die Stärkekörner, wie aus den Versuchen, die ich im Kapitel über die Mikrochemie der Stärkekörner beschrieben habe" (hervorgeht), „aus Trichiten verschiedener Art zusammengesetzt sind, aus α-Amylose-, β-Amylose-, Amylodextrin-Trichiten und vielleicht sogar Mischkrystallen dieser Substanzen aufgebaut sein können, so ist es von vornherein wahrscheinlich, dass die verschiedenen Schichten aus verschiedenen Misch-

[1]) Es ist nicht ohne Interesse für die Beurtheilung der Sicherheit, mit welcher A. Meyer Behauptungen aufstellt, die er später selbst als irrig erkannte, ja die schon lange vor ihm richtiger ermittelt waren, die sehr bestimmten Aussprüche zu vergleichen, welche er 1887 (p. 178—179) in seiner Entgegnung an Dafert über die Chemie der Stärkekörner als das Resultat seiner Untersuchungen mittheilt. „Nach meinen Versuchen bestehen die gewöhnlichen, sich mit Jod blau färbenden Stärkekörner aus einer einzigen Substanz, der Stärkesubstanz.." Ferner: „Was die verschiedenen Autoren als Stärkecellulose bezeichnet haben, waren theils Zellreste, theils ungelöste Stärkesubstanz selbst (z. B. Brown in Beiträge zur Geschichte der Stärke und die Verwandlung derselben, Liebig's Annalen), theils Amylodextrin (z. B. Nägeli)." Diese Behauptungen gründen sich auf die 1886 von A. Meyer gemachten Mittheilungen „Ueber die wahre Natur der Stärkecellulose Nägeli's", in welchen er schon das Gleiche mit grosser Sicherheit gegenüber den richtigeren Angaben von C. Nägeli und Mohl festzustellen sucht. Die falsche, in dieser Schrift mit so grosser Bestimmtheit vorgetragene Ansicht, dass die mit Speichel oder Säure hergestellten Stärkeskelette aus Amylodextrin bestünden, von deren Irrigkeit sich Meyer ja später selbst überzeugte, beruht, wie sich beim Studium der Arbeit von 1886 ergibt, darauf, dass die Skelete angeblich „in heissem Wasser ohne Quellung löslich" sein sollen (p. 715), eine Behauptung, die man, bei Anwendung der Meyer'schen Ausdrucksweise, wohl mit Recht als „einen groben Fehler" bezeichnen darf. In Meyer's Stärkebuch von 1895 wird natürlich von diesen früheren Behauptungen nichts erwähnt.

ungen dieser Trichite bestehen." Schliesslich wird dann im Kapitel über die Lösungsquellung (s. die schematische Figur auf p. 130) ganz bestimmt vorausgesetzt und ohne jeden weiteren Beweis als aus dem Vorhergehenden folgend angenommen, dass in den Schichten der Stärkekörner abwechselnd neben einander Trichite der α- und der β-Amylose liegen und dass die Lösungsquellung eben darauf beruhe, dass die Trichite der β-Amylose unter starker Aufnahme von Wasser zu zähflüssigen Tröpfchen von „amylosiger Wasserlösung" würden.

Wir finden daher auch in dieser Frage wieder, dass Meyer ein Problem, welches ihm anfänglich so unsicher erscheint, dass er auf eine Diskussion der verschiedenen Möglichkeiten überhaupt verzichtet, im weiteren Verlaufe der Erörterung immer positiver, als in ganz bestimmtem Sinne gelöst, auffasst und dass er so zu einer Theorie der Lösungsquellung geführt wird, deren Grundlage, wie wir darlegten, auf einer nur als Annahme gültigen Vorstellung über den Aufbau der Stärkekörner aus gesonderten α- und β-Amylose-Trichiten beruht.

Was nun zunächst die erste der hervorgehobenen Fragen angeht, so finde auch ich es auf Grund der zur Zeit bekannten Erfahrungen wahrscheinlicher, dass in den Stärkekörnern zwei verschiedene Substanzen, d. h. die Nägeli'sche Cellulose und Granulose, oder die Meyer'sche α- und β-Amylose vorhanden sind. Ich stütze mich dabei auf die oben (p. 282) geschilderte Thatsache, dass schon die einfach gequollenen Weizenkörner durch Jod nicht mehr rein blau, sondern bei stärkerer Wirkung braun gefärbt werden. Immerhin ist diese Annahme bis jetzt nicht erwiesen; da eine theilweise Umwandlung selbst durch heisses Wasser nicht völlig ausgeschlossen ist und möglicherweise auch Manches ins Spiel kommen kann, was heute noch unbekannt ist. Dagegen vermag ich mich in der zweiten Frage Meyer's Annahme nicht anzuschliessen. Wenn wir die geradezu auffallende Uebereinstimmung der Struktur der schwach gequollenen Körner und der Reste erwägen und ferner in Betracht ziehen, dass es sich bei dieser Struktur um ein sicherlich ganz fest zusammenhängendes Gerüstwerk handelt, wofür auch die Thatsache spricht, dass die Reste ganz feste, auf Druck zersplitternde Gebilde sind, so erscheint es sehr unwahrscheinlich, dass sowohl bei der Quellung als bei der Skelettbildung zahlreiche sog. Trichite, d. h. Theile des Gerüstwerks herausgelöst werden oder in Tröpfchen zähflüssiger Amyloselösung übergehen sollen.

Wollte man Meyer's Annahme festhalten, so müsste man sich etwa vorstellen, dass in den Stärkekörnern die α- wie die β-Amylose fest zusammenhängende, in sich geschlossene, durcheinandergewachsene Gerüste bildeten, so dass das eine herausgelöst werden könnte, ohne das andere zu alteriren, eine Vorstellung, die sehr unwahrscheinlich ist, speziell auch deshalb, weil die Struktur, die wir in den Stärkekörnern beobachten, eben durchaus derjenigen entspricht, welche wir bei den fein konzentrisch geschichteten Sphärokrystallen überall gefunden haben. Aus diesen Gründen kann ich mich Meyer's Ansicht nicht anschliessen, dass die α- und β-Amylose in Form gesonderter Elemente in den Schichten der Stärkekörner neben- und durcheinander gelagert seien. Im Gegentheil scheint mir alles dafür zu sprechen, dass, wenn überhaupt die beiden Modifikationen der Amylose schon neben einander in den Stärkekörnern vorhanden sind, sie auch in jedem Formelement ihres Gerüstwerks, oder in jedem Trichit nach der Meyer'schen Vorstellung, gleichmässig vertheilt sein müssen; so dass die Entfernung

der β-Amylose bei der Quellung und Skelettbildung nicht auf dem Herauslösen der einzelnen, aus β-Amylose bestehenden Elemente beruht, sondern auf der Herauslösung der β-Amylose aus den Formelementen überhaupt, wobei die Struktur nicht eigentlich verändert wird.

Im Einzelnen stellt sich nun Meyer vor, dass die Stärkekörner den Bau besässen, den er, wie oben erörtert wurde, den Sphärokrystallen allgemein zuschreibt; d. h., dass sie aus radial geordneten, im Centrum verwachsenen, verzweigten Trichitenbüscheln bestünden. Da ihm nun seine Beobachtungen sowohl an schwach gequollenen Körnern als an Skeletten nur sehr wenig von der thatsächlichen Struktur zeigten, d. h. nur radialfaserige Zeichnungen in manchen Schichten (abgesehen von dem auf p. 121 abgebildeten Kartoffelkorn), was ja schon oben eingehender dargelegt wurde, so folgt hieraus, dass seine Uebertragung der für die Sphärokrystalle vorausgesetzten Struktur auf die Stärkekörner im Wesentlichen eine Annahme ist, aber nicht auf wirklicher Beobachtung an den Stärkekörnern beruht. Dies ist ja auch ganz klar; denn irgend welche Anzeichen verzweigter radiärer Trichitenbüschel wird man auf Meyer's Abbildungen vergeblich suchen. Der Nachweis einer unter gewissen Bedingungen hervortretenden radialfaserigen Struktur der Schichten genügt doch nicht, um die Existenz solcher Büschel zu beweisen. Meyer's Vorstellungen über den Bau der Körner sind aber noch etwas seltsamer; denn auf p. 122 sagt er: „Die Länge der Trichitenbüschel der Stärkekörner hängt wesentlich von der Breite der Schichten ab, in welchen sie stehen: sie sind häufig sicher also äusserst kurz, könnten unter Umständen aber auch eine relativ erhebliche Länge gegenüber dem Durchmesser der Trichite erreichen". Hieraus scheint hervorzugehen, dass Meyer sich wirklich vorstellt, dass die radiären Trichitenbüschel nur durch je eine Schichte reichen und dass in jeder neuen Schichte ein neues System solcher Trichitenbüschel beginne. Dass jedoch wenigstens diese Trichitenbüschel der aufeinanderfolgenden Schichten unter einander zusammenhängen, geht aus einer Stelle auf p. 133 hervor, wo aus dem Umstand, dass sich die Schichten bei der Quellung nicht von einander entfernen, geschlossen wird: „dass die Trichite" (hier nicht Trichitenbüschel) „in der Längsrichtung" (soll heissen Radius) „des Kornes direkt zusammenhängen".

Die Schichtung selbst beruht nach Meyer wie bei den übrigen Sphärokrystallen in erster Linie darauf, dass „im gleichen Volumen der verschiedenen Schichten das Volumen der Porenräume (p) zum Volumen der Trichiten (t) in einem verschiedenen Verhältniss steht" (p. 124).

Wenn man diese Anschauungen Meyer's über den feineren Bau der Stärkekörner mit dem vergleicht, was ich in dieser Hinsicht beobachtete, so könnte man höchstens in folgender Weise eine Vermittelung versuchen. Die Radiärbälkchen der so äusserst dünnen Schichten (0,7—1 μ) müssten die Meyer'schen Trichitenbüschel darstellen, die sich aber auf der Grenze der Schichten verzweigten und mit ihren Nachbarn in direkte Verwachsung träten; auf diese Weise würden die zickzackförmigen Grenzbalken der Schichten entstehen, auf welche sich die Trichitenbüschel der nächstfolgenden Schicht aufsetzten. Auf diese Art liesse sich eine gewisse Annäherung an Meyer's Vorstellung herbeiführen, aber natürlich keine Bestätigung von deren Richtigkeit. Denn die durchschnittlich 0,5—1 μ langen und schätzungsweise

0,2—0,3 μ breiten Radiärbälkchen für Trichitenbüschel zu erklären, dazu liegt nicht der geringste Anhalt vor; im Gegentheil würde dies mit allen Ermittelungen, welche wir über den Bau und die allmähliche Ausbildung zahlreicher Sphärokrystalle beigebracht haben, im Widerspruch stehen. Es müssten zwingendste Gründe vorliegen, um zu einer solchen Annahme zu schreiten, von der die Beobachtung nicht das Geringste zeigt. — Die Ansicht, dass die Sichtbarkeit der Schichten nur auf ihrer verschiedenen Dichte beruht, kann ich nach meinen Erfahrungen nicht für begründet halten. Es ist ja ein sehr häufiger Fall, dass bei Sphärokrystallen Schichten verschiedener Dichte, nämlich solche, deren Hohlräumchen verschieden gross sind, alterniren; wir haben dafür im Laufe dieser Arbeit zahlreiche schöne Beispiele gefunden und dieser Fall kommt auch bei den Stärkekörnern häufig vor. Darauf allein beruht jedoch die Sichtbarkeit der Schichten nicht, wie wir beim Inulin, der Cellulose u. a. gesehen haben; sie folgt schon aus dem gesammten Bau der Schichten und auch daraus, dass in den breiteren dichteren Schichten selbst die Grenzen der sie zusammensetzenden Lagen von Hohlräumchen wieder zu unterscheiden sind.

Bei den schwach gequollenen Stärkekörnern ist in der Regel nichts von alternirenden dichten und weniger dichten Schichten zu erkennen, wie schon früher dargelegt wurde. Alle zarten Schichten sind gleich lichtbrechend; ihre Sichtbarkeit beruht daher auf der regelmässig konzentrischen Anordnung der Hohlräumchen und den die Grenzen der Schichten bildenden Grenzstreifen oder -lamellen. Der Grund für diese Gleichmässigkeit der Schichten bei den gequollenen Körnern ist jedenfalls darin zu suchen, dass die Quellung allmählich eine gleichmässiges Anschwellen der Hohlräumchen bewirkt, eine Ausgleichung der Dichtigkeitsunterschiede der Schichten.

An den nicht gequollenen, in Wasser liegenden Stärkekörnern bemerkt man ja häufig wenig Schichtung, d. h., man erkennt die lockersten dünnen Grenzschichten zwischen breiteren dunklen dichteren Schichten. Auch dieser Unterschied schwindet beim Austrocknen der Körner, indem sich die Hohlräumchen der sichtbaren lockeren Schichten dabei verkleinern und in der Regel unsichtbar werden. Beim Quellen treten dann in den anscheinend ungeschichteten, dicken Schichten zahlreiche Schichten immer deutlicher hervor, bis schliesslich das ganze Korn aus nahezu gleich dicken Schichten besteht. Hieraus geht hervor, dass die Schichten beim Quellen allmählich egalisirt werden, die Hohlräumchen sich in den dichteren Schichten stärker erweitern und so eine Ausgleichung der Schichtendicke eintritt.

Als Beleg für den radialfaserig-trichitischen Bau der Stärkekörner führt Meyer namentlich auch ihr Verhalten gegen Druck an. „Bringt man ein Korn," sagt er auf p. 123, „welches keine Risse besitzt, mit etwas Wasser unter ein Deckglas und drückt man sanft auf das letztere, so zerbricht das Stärkekorn sofort in mehrere scharfkantige Stücke. Häufig zerfällt das Korn durch ausschliessliche Entstehung radialer Risse in Pyramiden; bei stärkerem Drucke zerbrechen aber auch diese Pyramiden durch Risse, welche parallel zur Grundfläche der letzteren verlaufen". Die Bruchflächen der Bruchstücke sollen radial gestreift sein, „als ein Ausdruck der regelmässig radialtrichitischen Struktur des Stärkekorns". — Aus diesen Erfahrungen über das radiale Zerspringen der Stärkekörner unter den angegebenen Bedingungen einen Schluss auf ihre Struktur zu ziehen, schien mir wenig begründet. Ich habe

daher einige Versuche mit Glaskugeln und sog. Klickern oder Steinern (die aus einem mergeligen Kalk gedreht waren) gemacht. Wurden diese Kugeln zwischen Bleiplatten im Schraubstock stark gepresst, so zersprangen sie auf das Schönste durch radiäre Rissbildungen in pyramidenförmige Stücke. Wie es besonders an den etwas weniger spröden Klickern zu sehen ist, sind die ersten Risse, welche auftreten, ganz regelmässig meridionale, die durch den oberen und unteren Pol gehen, an welchen der Druck angriff. Sie zerlegen die Kugel wie eine Orange in Schnitze. Bei stärkerem Druck zerfallen diese durch neue Radialrisse in pyramidenförmige kleinere Stücke und schliesslich treten auch konzentrisch zur Kugelfläche verlaufende Risse auf. Aus diesen Erfahrungen ist zu entnehmen, dass ein solches Zerspringen, wie es die Stärkekörner beim Pressen zwischen zwei Platten zeigen, keineswegs mit einer besonderen Struktur im Zusammenhang zu stehen braucht, sondern schon als Folge starken Druckes auf zwei entgegengesetzte Pole eines homogenen kugelförmigen Körpers auftritt, und sich daher auch finden kann, wenn die Stärkekörner keinen radialtrichitischen Bau besitzen. — Ebendasselbe dürfte auch für die centralen Radialrisse gelten, welche beim Austrocknen vieler Stärkekörner in absolutem Alkohol entstehen. Denn bei der Eintrocknung oder der Wasserentziehung werden die äusseren Partien der Körner zunächst fest und unnachgiebig, so dass sie sich nicht mehr zusammenziehen können, wenn dem mehr centralen Theil das Wasser entzogen wird und er sich schrumpfend verkleinert. Da nun dieser innere centrale Theil ein Kontinuum mit den äusseren Partien bildet und die Schrumpfung und Wasserentziehung ganz allmählich von aussen nach innen fortschreitet, so wird sich der innere Theil nicht etwa von dem äusseren ablösen; da die Wasserentziehung im Centrum am geringsten und daher auch hier die Festigkeit am kleinsten ist, so werden hier centrale Kontinuitätstrennungen auftreten, nämlich Rissbildungen. Dies gilt wenigstens, sobald die Masse wie die der Stärkekörner brüchig, wenig plastisch ist. — Bei den Versuchen, welche ich mit Gelatinekugeln, die an der Luft ausgetrocknet wurden, gerade wegen der Rissbildung der Stärkekörner schon 1893 angestellt habe, trat auch eine solche Kontinuitätstrennung im Centrum auf; jedoch nicht in Form von Rissen, sondern als eine Höhle, da die Gelatinegallerte des Innern wegen ihrer Dehnbarkeit nicht zu Rissbildungen neigt (s. 1896, 1, p. 4).

Immerhin will ich durch diese Ausführungen keineswegs völlig leugnen, dass die besonderen Strukturverhältnisse der Stärkesphären die Bildung radialer, vom Centrum ausgehender Risse begünstigen können.

Wie schon im Vorhergehenden bemerkt wurde, hat Meyer auf den von ihm angenommenen feinen Bau der Stärkekörner eine Theorie der Lösungsquellung gegründet, der ich mich gleichfalls nicht anzuschliessen vermag, da ich ja den Bau für prinzipiell anders halte. Wie früher erwähnt wurde, unterscheidet Meyer bei den Stärkekörnern zwei vollkommen verschiedene Arten der Quellung. Erstens eine sog. Porenquellung, welche allen porösen Sphärokrystallen, in die Flüssigkeiten einzudringen vermögen, zukommen soll und die eine Folge des kapillaren Drucks der eindringenden Flüssigkeit in die Porenräume zwischen den Trichiten sei, wodurch dieselben auseinander gedrängt würden. Nachgewiesen hat Meyer eine solche Porenquellung, abgesehen von den Stärkekörnern, jedoch nur bei Inulin und Amylodextrin, beides Substanzen, welche auch in kaltem Wasser etwas löslich sind. Ob sich Poren-

quellung in merkbarer Grösse auch bei in kaltem Wasser nicht löslichen Sphärokrystallen und analog gebauten feinporösen Körpern findet, wie denen des kohlensauren, phosphorsauren Kalks etc., bedürfte näherer Untersuchung. Genauere Erörterungen über den Vorgang bei dieser Porenquellung fehlen bei Meyer; er weist nur auf Jamin's Angaben über den hohen Druck hin, welcher beim Eindringen von Flüssigkeiten in poröse Körper auftreten soll[1]). Die theoretische Möglichkeit und die näheren Bedingungen einer solchen Porenquellung hat Schwendener 1886 in, nach meinem Dafürhalten zutreffender Weise erörtert; auch ich bin (1896 p. 34) auf diesen Gegenstand etwas näher eingegangen, indem ich für die gewöhnlichen Quellungs-Erscheinungen der Gelatine und ähnlicher Körper die Unwahrscheinlichkeit darzulegen suchte, dass sie auf Porenquellung beruhen. Vor Kurzem (1897) sprach sich schon W. Rothert gegen die von A. Meyer für die Stärkekörner aufgestellte Unterscheidung von Poren- und Lösungsquellung aus. Auf Grund der von Meyer entwickelten Vorstellung über den radialtrichitischen Bau der Stärkekörner und der Sphärokrystalle überhaupt, führt Rothert (p. 234—235) ganz richtig aus, dass unter diesen Bedingungen durch Porenquellung keine Zunahme des Durchmessers eintreten könne, da ja die Poren radial gerichtet seien. Eine Verlängerung der Trichite selbst sei hierzu nothwendig. Rothert kommt daher zum Schluss, dass auch die Quellung bei gewöhnlicher Temperatur auf der Aufnahme von Wasser in die Trichite beruhen müsse. Wie gesagt, kann ich seiner Kritik soweit durchaus zustimmen, als sie sich auf den von Meyer behaupteten Bau der Sphärokrystalle und der Stärkekörner bezieht. Da dieser jedoch dem Thatsächlichen nicht entspricht, so ist auch Rothert's Kritik nicht ganz zutreffend. Wenn nämlich der Bau so ist, wie ich ihn gefunden habe, so wäre eine Porenquellung im Meyer'schen Sinne keineswegs ganz unmöglich.

Meine Meinung geht bis zur Beibringung weiterer Nachweise dahin, dass ein solcher Unterschied zwischen Porenquellung und Lösungsquellung, wie ihn Meyer für die Stärkekörner aufzustellen sucht, unwahrscheinlich ist; dass vielmehr auch die sog. Lösungsquellung prinzipiell auf den gleichen Ursachen beruht wie die Porenquellung, und zwar im Wesentlichen auf den Ursachen, welche ich in meiner Schrift von 1896 für die Quellung überhaupt darzulegen versuchte. Dort suchte ich die Quellung zurückzuführen auf den feinwabigen Bau der quellbaren Körper und auf die endosmotische Wirkung geringer Mengen Substanz, welche von dem in die Wabenräume eingedrungenen Wasser gelöst werden. Bei der starken Aufquellung der dort speziell erörterten Substanzen, wie Gelatine, Agar, geronnenes Eiweiss etc., erschien es ausserdem nothwendig, dass die Quellungsflüssigkeit eine Veränderung der Substanz der Wabenwände dahin bewirkt, dass sie sehr dehnbar werden, was ich auf eine Hydratisirung der Substanz oder doch eine Wasseraufnahme zurückzuführen suchte.

---

[1]) Dass unter gewissen Bedingungen beim Eindringen benetzender Flüssigkeiten in feinporöse Körper ein hoher Druck entsteht, hat Jamin (1860) sehr richtig nachgewiesen, nicht jedoch, dass dieser Druck ein nach aussen gerichteter ist, der zu einer Volumvergrösserung der betreffenden Körper führt. Im Gegentheil sind alle seine Versuche durchaus im Einklang mit der umgekehrten Auffassung, dass die eindringende Flüssigkeit einen nach innen gerichteten Druck oder richtiger Zug auf die Porenwände ausübt und dieselben nähern würde, das Gesammtvolum daher verkleinern, wenn nicht die Festigkeit der stets gerüstartig gebauten porösen Körper dies verhinderte.

Wenn die schwache Quellung der Stärkekörner und anderer Sphärokrystalle in kaltem Wasser eine einfache Porenquellung wäre, wie Meyer annimmt, also eine Folge der Kapillarwirkung, so müsste auch in Flüssigkeiten, die kein Lösungsvermögen für die Substanz der Sphären besitzen, Quellung erfolgen, da auch diese Flüssigkeiten in die kapillaren Poren eindringen und daher quellend wirken müssten. Ich habe daher an den früher geschilderten sog. A-Körnern, die im kalten Wasser sehr erheblich (bis 40%) quellen und an Arrow-root-Körnern einige Versuche gemacht. Beide Arten von Sphärokrystallen, die längere Zeit bei 54° getrocknet waren, zeigten bei Zusatz von absolutem Alkohol keine Spur von Vergrösserung (auch bei längerem Verweilen in dem Alkohol), die Arrow-root-Körner sogar regelmässig eine geringe Verkleinerung von ca. 2—3%. Ebenso verhielten sich die A-Körner auch bei Zusatz von Terpentinöl, in dem sie sofort ganz durchsichtig wurden, so dass sicher eine Durchdringung eingetreten war. Wurde der Alkohol durch Wasser verdrängt, so trat sofort Quellung auf. Selbst wenn man zugiebt, dass durch Trocknen bei 54° das Wasser nicht völlig entfernt sei, so ist doch kein Grund einzusehen, weshalb, wenn es sich um Porenquellung handelt, der Alkohol nicht eindringen und Erweiterung der Kapillarräume bewirken soll. Wenn dagegen die Quellung, wie ich es für wahrscheinlicher halte, auf der lösenden Wirkung des Quellungsmittels beruht, so lässt sich leicht verstehen, weshalb Alkohol und Terpentinöl keine Quellung hervorrufen.

Zum Vergleich habe ich auch kleine Stückchen von erhärtetem und gut ausgetrocknetem Gyps, Tabaschir (s. oben p. 84) und porösem Thon einer Thonzelle unter dem Deckglas und mit dem Ocularmikrometer (Obj. 16 Oc. 6 Zeiss) trocken und nach Zusatz von Wasser untersucht, ohne dass es gelang, bei der Durchtränkung mit Wasser eine merkbare Vergrösserung der Stückchen zu beobachten; ebenso erfolgte keine Spur von Verkleinerung beim Wiedereintrocknen. Dagegen zeigten die getrockneten Sphärokrystalle von kohlensaurem Kalk aus Pferdeharn[1]) bei Zusatz von Wasser eine geringe Vergrösserung des Durchmessers um ca. 3—6%; doch ist zu berücksichtigen, dass diese Sphären wohl sicher etwas organische Substanzen enthalten. Dies ist um so wahrscheinlicher, da ich an künstlichen, aus $CaCl_2$- und K_2CO_3-Lösungen dargestellten Sphären von kohlensaurem Kalk, die sicher frei von organischer Substanz waren, keine Spur von Volumänderung im trockenen und befeuchteten Zustand nachzuweisen vermochte.

Die Lösungsquellung der Stärkekörner, welche bei höherer Temperatur eintritt, sucht Meyer auf die Umwandlung der Trichite der β-Amylose in Tröpfchen amylosiger Wasserlösung zurückzuführen. Unter starker Wasseraufnahme gehe jeder Trichit in ein solches Tröpfchen über, was die Anschwellung des Gesammtkorns bewirke. Einen besonderen Nachweis für die Wahrscheinlichkeit dieser Hypothese vermisse ich; zu sehen ist ja von diesen Tröpfchen nichts. Es handelt sich, wie gesagt, um eine Hypothese, die sich wieder auf den beiden früher erörterten aufbaut, nämlich der Hypothese über die Nebeneinanderlagerung von Trichiten der α- und β-Amylose innerhalb der Schichten und der weiteren über die Existenz dieser beiden Amylose-Modifikationen in den Körnern; schliesslich auch auf dem ebenfalls wesentlich hypothetischen Trichitenbau der Sphären.

---

[1]) Siehe Robin et Verdeil (1853, Bd. II, p. 241 u. Atlas Taf. III. Fig. 2).

Bekanntlich tritt auch bei der sog. Lösungsquellung der Stärkekörner frühzeitig eine Höhle im Centrum auf. Die Entstehung derselben wird, wie wir es bei den künstlichen Körnern fanden durch Rissbildungen verursacht, die sich beim Quellen im Centrum einstellen. Die Höhle erweitert sich nun bei der Quellung sehr ansehnlich, so dass die Körner schliesslich zu dünnwandigen hohlen Blasen werden, ähnlich wie wir es bei der Lösungsquellung der künstlichen Körner fanden.

Schon C. Nägeli (1858 p. 105) hat diese Erweiterung der Centralhöhle und die schliessliche Anschwellung zu einer Blase auf osmotisches Wirken der die Höhle erfüllenden Flüssigkeit zurückzuführen gesucht und jedenfalls mit Recht; auch eine Versuch Payen's, den Meyer anführt, spricht dafür. Meyer schliesst sich diesen Anschauungen an, indem er p. 132 bemerkt: „schliesslich wächst das Volumen durch den osmotischen Druck des Inhalts der Blase". Welche gelösten Stoffe es sind, die diesen osmotischen Druck hervorrufen, wird jedoch nicht angegeben; auf p. 129 wird zwar zugestanden, dass bei der Lösungsquellung neben den zähen Tröpfchen der amylosigen Wasserlösung „vielleicht zugleich eine ungeheuer dünne wässerige Amyloselösung in den Stärkekörnern entstehe". Da diese „ungeheuer dünne Amyloselösung" doch schwerlich osmotische Druckwirkungen hervorrufen kann, welche die ursprüngliche Centralhöhle auf das Vielfache ihres Durchmessers erweitern, so müsste man wohl die „eventuell" (p. 130) vorhandene Amylodextrinlösung hierfür heranziehen. Ich bin, wie schon früher ausgeführt wurde, der Meinung, dass bei der Quellung Amylose in Lösung geht; ich führe daher auch die Erweiterung der Höhle und die blasige Anschwellung der Stärkekörner auf die Wirkung der in der Flüssigkeit der Centralhöhle gelösten Amylose zurück [1]). Wenn erst durch Rissbildungen die Anlage einer solchen Centralhöhle gegeben ist, wird ihre ansehnliche Erweiterung unter diesen Bedingungen nicht schwer verständlich. Dazu kommt, wie mir scheint, dass nach Auftreten der Höhle eine ziemliche Menge der inneren Substanz des Korns gelöst wird; wenigstens schliesse ich dies aus der relativen Dünne der Blasenwand und namentlich daraus, dass man zuweilen selbst bei ansehnlichen Blasen die Schichtung noch gut erkennt; doch sind es stets viel weniger Schichten, als das Stärkekorn ursprünglich besass.

Da also osmotische Wirkung bei der Lösungsquellung der Stärkekörner selbst nach Meyer im Spiele ist, so scheint mir, dass der von mir als wahrscheinlich betrachtete Vorgang der Quellung auch für die Lösungsquellung der Stärkekörner meinen Erfahrungen am Besten entspricht. Einmal steht er durchaus in Einklang mit den feineren Bauverhältnissen, wie ich sie auf Grund meiner Studien über die Stärkekörner und die übrigen Sphärokrystalle für die der Natur entsprechenden erachten muss. Dabei möchte ich hier wiederholen, was ich sowohl 1894 p. 31 ff., 1896 p. 37, als wie auch an früheren Stellen dieser Arbeit bemerkt habe, dass ich mit der Bezeichnung des feinen Baues der Sphärokrystalle und besonders der Stärkekörner als eines wabigen, durchaus nicht die Behauptung

[1]) Dass die sog. Lösungs-Quellung der Stärkekörner mit wirklicher Lösung zusammenhängt, scheint mir auch aus folgender Erfahrung, die ich neuerdings mehr zufällig machte, hervorzugehen. Erwärmt man etwas Arrow-root-Stärke mit viel Wasser im Reagenzrohr bis auf 55°, so zeigt die Jodprobe in der klaren Flüssigkeit nach dem Absitzen keine Spur gelöster Stärke an; erwärmt man jedoch in derselben Weise auf 75°, so enthält die nach dem Absitzen der Stärkekörner vollkommen wasserklare Flüssigkeit reichlich gelöste Stärke. Die Quellung der Arrow-root-Körner erfolgt bekanntlich bei ca. 65°.

verbinde, dass die Hohlräumchen dieses Wabenwerks durchweg völlig gegeneinander abgeschlossen sind.

In jüngster Zeit (1897) wurden meine Angaben über den Bau der Sphärokrystalle des Inulins, des phosphorsauren Natrons, und der Stärkekörner in einer kurzen, wie es scheint, vorläufigen Mittheilung von Puriewitsch einer Besprechung und theilweisen Nachprüfung unterworfen, auf welche ich an dieser Stelle am Geeignetsten etwas eingehen kann. Zunächst scheint es nöthig, einige Angaben Puriewitsch's über meine sog. „Wabentheorie" zu berichtigen, die auf nicht ganz zutreffender Darstellung meiner Ansichten beruhen. Auf p. 240 bemerkt Puriewitsch zunächst, dass ich meine Theorie der wabigen Plasmastruktur „auf die innere Struktur der pflanzlichen und thierischen organisirten Körper übertragen" habe. Dies ist insofern unrichtig, als ich 1894 und 1896 ganz bestimmt aussprach, dass ich die wabige Struktur der Inulin- und Stärkesphären sowohl, als die der Sphärokrystalle überhaupt, der Cellulosegebilde etc. nicht als wabig in dem Sinne des, vermuthlich durch Entmischungsvorgänge entstandenen Wabenbaues des zähflüssigen Protoplasmas ansehe, sondern ihren Bau als einen auf wesentlich anderer Grundlage sich entwickelnden betrachte. Ich führte damals schon aus, dass ich den Wabenbau dieser Körper auf eigenthümlicher Zusammengruppirung und theilweiser Verschmelzung von Globuliten beruhend denke.

Es ist ferner unrichtig, wenn Puriewitsch p. 240 angiebt, „dass ich zulasse, dass einige Waben" (derartiger Körper) „unter sich kommuniziren können", vielmehr sagte ich 1896 (p. 38) ausdrücklich: „Für die zweite Kategorie solcher Körper", (d. h. wie sich aus dem Vorhergehenden ergiebt, für die Sphärokrystalle des Inulins, der Stärke, die Cellulosegebilde) „ist es nun auf Grund ihrer vermuthlichen Bildungsweise sehr wahrscheinlich, dass die feinsten Hohlräumchen, welche sie durchsetzen, unter einander grossentheils kommuniziren, dass der Bau dieser Körper daher ein mehr schwammartiger ist." Hieraus folgt also, dass ich eigentlich das Gegentheil von dem sagte, was mir Puriewitsch zuschreibt.

Aus den Beobachtungen Puriewitsch's geht dann hervor, dass er meine Angaben über den wabigen Bau der flachen, nach der oben (p. 89) angegebenen Methode dargestellten Inulinsphären vollkommen bestätigt findet; also verwirft er, obgleich dies nicht bemerkt wird, die Behauptung A. Meyer's, dass auch meine Beobachtungen über den Bau der Inulinsphären nur das Resultat grober, durch Rissbildungen verursachter Fehler seien. Auch für die Sphären des verwitterten Natriumphosphats werden meine Angaben bestätigt. Dagegen vermochte Puriewitsch den Wabenbau nicht wahrzunehmen, wenn er das Deckgläschen auf dem solche Sphären sassen, zerbrach und vertikal aufgestellt betrachtete, also den optischen Durchschnitt der Sphärenscheiben untersuchte. Dass dies auf solche Weise auch ganz unmöglich war, wird Jeder einsehen, der sich mit der Untersuchung so feiner Strukturverhältnisse beschäftigte; denn die Möglichkeit, einen solchen Durchschnitt wahrzunehmen, bieten nur gute, sehr dünne Schnitte oder auch Falten einer sehr dünnen Membran; dagegen ist sie bei Untersuchung einer durchgebrochenen Scheibe im optischen Durchschnitt, zumal in Luft, wie es wohl sicher geschah und

auf einem dicken Deckglas, das starke Randschatten hervorruft, gewiss nicht vorhanden. Puriewitsch scheint auf diese Wahrnehmung hin, den Wabenbau, den er für die Inulinsphären zuerst bestätigte, wieder leugnen zu wollen; wenigstens bemerkt er (p. 245) über die wahrscheinliche Entstehung der Struktur Folgendes, was mir so wenig verständlich ist, dass ich es hier in extenso citire. „Ich bin daher mehr geneigt, diese Sphären als eine Anhäufung einzelner Inulinkörnchen (Globulite?) wie das Bütschli in einer seiner Arbeiten (s. oben) annimmt und nicht als Objekte mit wabiger Struktur zu betrachten. Die Bildung solcher Sphären kann man durch die Annahme erklären, dass aus einem Tropfen der gesättigten Inulinlösung an verschiedenen Punkten der Glasoberfläche einzelne kleine Inulinkörnchen (Globulite?) ausgeschieden werden. Um jedes Körnchen gruppiren sich, der molekularen Anziehung zufolge, andere ebensolche Körnchen, welche die Gestalt von Kugelsegmenten besitzen. Durch diese Annahme lässt sich die bei der Betrachtung von oben hervortretende Struktur ganz leicht erklären." Hieraus scheint zu folgen, dass Puriewitsch die Sphären aus der konzentrischen Gruppirung von Globuliten um einen Centralglobulit abzuleiten sucht; obgleich er auf der vorhergehenden Seite meine Angabe bestätigt, dass das Centrum von einer Wabe gebildet werde, um die sich sechs weitere gruppirten. Da er nun im Folgenden von den „Wabenhohlräumen" der Inulinsphären und deren leichter Erfüllung mit Alkohol spricht, so bin ich thatsächlich ausser Stande, diese Widersprüche zu erklären. Ich nannte und nenne eben Wabe das, was sich nach seinem optischen Verhalten als ein zweifelloser, gas- oder flüssigkeiterfüllter Hohlraum ergiebt und was ich demnach auch unmöglich für einen Globuliten ansehen kann. Dass sich auch Sphären bilden können, welche dem von Puriewitsch angegebenen Schema entsprechen, habe ich früher (1894) und in dieser Arbeit (p. 80 und 101) ausgeführt.

Der weitere Nachweis Puriewitsch's, dass die „Wabenhohlräume der Inulinsphären grossentheils mit einander kommunzirten, wegen des fast momentan raschen Eindringens von Alkohol in die ausgetrockneten Sphären", bildet keine Widerlegung meiner Ansichten, da ich ja die Abgeschlossenheit der Hohlräumchen nicht stipulirt habe, sondern das Gegentheil; wenngleich es nach meinen früheren Ausführungen (s. p. 87) auch nicht zweifelhaft sein kann, dass ganz abgeschlossene Hohlräumchen vorkommen können und vorkommen. Ob übrigens das so rasche Eindringen des Alkohols ein genügender Beweis gegen die Abgeschlossenheit der Hohlräumchen ist, halte ich nach meinen Erfahrungen an echt wabig-strukturirten Gerinnungsschäume für sehr zweifelhaft.

Auch bei den Stärkekörnern konnte Puriewitsch nach schwacher Quellung die von mir geschilderten Bilder erhalten (Arrow-root, Kartoffel, Canna, dagegen Weizen nicht). Es ist dies gegenüber den Behauptungen A. Meyer's wichtig, obgleich Puriewitsch auf p. 244 bemerkt, dass er auf meine Mittheilung „über die Herstellung künstlicher Stärkekörner deshalb nicht eingehe, weil dieselbe theils fast keine Beziehung zu der folgenden Darlegung habe, theils aber, weil sie schon von A. Meyer einer eingehenden Kritik unterworfen wurde". Hieraus müsste man wohl schliessen, dass sich Puriewitsch dieser Kritik Meyer's anschliesse. Wie gesagt aber, hat er die Bilder der Stärkekörner so gefunden, wie ich sie geschildert habe und bemerkt auch nirgends, dass er sich den Meyer'schen

Behauptungen über die Entstehung dieser Bilder und über den „groben Fehler", der mir dabei unterlaufen sei, anschliesse. Die Bilder sollen jedoch nach ihm anders zu deuten sein, als ich es versuchte. Er bemerkt für die Arrow-root-Körner (p. 246) „bei schwachem Quellen . . . . erscheinen jedoch in vielen Körnern mehr oder weniger deutliche Bütschli'sche Waben, welche ich aber nicht für wirklich existirende halte und zwar aus folgenden Gründen." Er schildert nun die knotig zickzackförmige Bildung der dunklen Grenzlinien und fährt dann fort: „mir scheint es daher wahrscheinlicher, dass die Querwände der Waben eine Folge der optischen Wirkung sind, indem die Bilder der Knötchen zusammenfliessen." Nun gebe ich gewiss zu, dass falsche netzförmige Vereinigungen vorgetäuscht werden können, wie ich ja zuerst gezeigt habe (s. hierüber speziell auch diese Arbeit p. 20 ff.); einfach von einem „Zusammenfliessen der Knötchen als einer optischen Wirkung" zu sprechen, ist aber ohne genauere Darlegung des Vorgangs etwas so unbestimmtes, dass ich es gegenüber den Gründen, welche ich für die von mir gegebene Deutung beigebracht und in verschiedener Weise, namentlich auch durch Gaseinführung und die Farbenbilder der Bälkchen nach Jodbehandlung gestützt habe, ohne Beweiskraft erachte. Ueberdies vermisse ich bei Puriewitsch jede Angabe über die Vorstellungen, welche er eigentlich vom Bau der Stärkekörner besitzt; eine solche ist doch nothwendig, wenn man in eine Diskussion der sich bei schwachem Quellen ergebenden Bilder eintreten will. Den aus dem Bau der Sphärokrystalle des Inulins etc. sich ergebenden Schlüssen scheint er gar keine Bedeutung zuzuschreiben. — Bei den Baumwollfasern, Bastfasern und den pflanzlichen Zellmembranen überhaupt konnte Puriewitsch nichts finden, was dem von mir gesehenen Wabenbau entspräche; was mich natürlich nicht veranlassen kann, das, was ich deutlich gesehen und photographirt habe, für nicht existirend zu erachten.

Schliesslich bemerkt Puriewitsch, dass ich das optische Verhalten der „pflanzlichen organisirten Körper" im polarisirten Licht nicht berücksichtigt habe. Denn wenn dieselben wabig gebaut wären und Flüssigkeit in ihren Waben enthielten, so müssten sie nach der Austrocknung im polarisirten Licht „wesentlich abweichend reagiren" wie im feuchten Zustand. Ich muss sagen, dass ich dies nicht einsehe. Es scheint, dass sich Puriewitsch dabei von den schematischen Figuren hat bestimmen lassen, die ich zur Veranschaulichung der Faltung der Wabenwände bei der Trocknung in meiner Schrift von 1896 gegeben habe. Dieselben sind etwas stark übertrieben und werden in dieser Weise weder bei der Stärke noch bei der Cellulose vorkommen.

X. Untersuchungen über den feineren Bau einiger thierischer, nichtzelliger, quellbarer Substanzen.

Da meine Untersuchungen ergeben hatten, dass den quellbaren Substanzen ein feinwabiger Bau wohl allgemein eigenthümlich sein dürfte, so schien es wichtig,

einige der im thierischen Organismus vorkommenden, nichtzelligen, quellbaren Substanzen zu prüfen, da zu vermuthen war, dass auch sie einen feinwabigen Bau besitzen. Die hierauf gerichteten, durch die mittlerweile ermittelte Austrocknungsmethode begünstigten Untersuchungen haben die erwarteten Bauverhältnisse überall nachzuweisen vermocht. Es ist begreiflich, dass die im Folgenden zu schildernden Beobachtungen keineswegs beabsichtigen, in die spezielleren Besonderheiten der einzelnen untersuchten Objekte nach allen Richtungen einzudringen. Dies kann nur die Aufgabe ausgedehnterer Einzelforschungen sein; ich musste mich darauf beschränken, den Nachweis der vermutheten Struktur im Allgemeinen zu führen. Aus diesen Gründen verzichtete ich auch meist darauf, die früheren Arbeiten über die untersuchten Objekte eingehender zu besprechen, da dies sehr viel Raum einnehmen würde und ein spezielleres Studium erforderte, als ich es bis jetzt den betreffenden Objekten zu widmen vermochte.

1. Die Gallerte von Pelagia noctiluca.

Zur Untersuchung wurde eine in schwacher Chromsäure konservirte und darauf in Alkohol aufbewahrte Qualle verwendet. Nach der Härtung in absolutem Alkohol wurden mit dem Rasirmesser möglichst feine Schnitte der Schirmgallerte hergestellt, welche in ein Gemisch von Alkohol und Aether gebracht und daraus auf dem Objektträger oder Deckglas im Vakuum ausgetrocknet wurden. Die Untersuchung dieser ausgetrockneten Schnitte in Luft mit starken Vergrösserungen zeigte an vielen Stellen eine schöne, feine Wabenstruktur, welche die Photographie 2 Taf. 16 bei 1730 facher Vergrösserung gut wiedergiebt. Die Stelle zeigt zwei dicht nebeneinander hinziehende Fibrillen, wie sie die Gallerte der Pelagia reichlich enthält. In dem Trockenpräparat fallen sie durch etwas knotiges Aussehen auf. Die Wabenstruktur der Gallerte, welche sich an dieser Stelle durch Gaserfüllung sehr schön erhalten hat, gleicht in jeder Hinsicht der bei Gelatine, geronnenem Eiweiss, Collodium etc. beobachteten, wie die Vergleichung der bezüglichen Photographien ergiebt. Die Grösse der Waben beträgt durchschnittlich 1,1 μ.

2. Die Hornsubstanz der Achsen von Antipathes sp. und Gorgonella sarmentosa Lam.[1]).

Die Untersuchung möglichst dünner Querschliffe der Hornachse dieser beiden Korallen ergab, dass die äusserst dünnen konzentrischen Schichten, welche die Achse aufbauen, den erwarteten feinen Wabenbau an vielen Stellen deutlichst zeigen. Die bei 1730 facher Vergrösserung aufgenommenen Photographien Fig. 8 Taf. 13 (Gorgonella) und Fig. 3 Taf. 16 (Antipathes) lassen dies hinreichend erkennen, obgleich Fig. 8 Taf. 13 in der Reproduktion leider sehr verschwommen ausfiel. Das betreffende Negativ ist nämlich sehr schwach, obgleich recht scharf, weil die gelbbraune

[1]) Durch ein Versehen wurde die untersuchte Hornkoralle in der vorläufigen Mittheilung (1895) als Paragorgia bezeichnet.

Farbe der Hornsubstanz das durchgehende Licht sehr unwirksam macht und die Anwendung einer orthochromatischen Platte damals nicht möglich war. — Die Schliffe der Gorgonella wurden nach der Herstellung mit Xylol gereinigt und darauf im Vakuum ausgetrocknet, wobei sie undurchsichtig weisslich wurden. Bei der Einbettung in erhitztem Kanadabalsam erhielt sich die Gaserfüllung der Wabenräumchen vielfach, und derartige Stellen gaben sehr instruktive Bilder, vorausgesetzt, dass die gaserfüllten Partien nicht zu dick und daher durchsichtig genug sind. Sehr gewöhnlich findet sich bei Gorgonella eine Abwechselung dichterer und weniger dichter Schichten, wie wir es schon häufig gefunden haben; die lockeren helleren Schichten zeigen natürlich den Wabenbau viel klarer als die zwischengelagerten und gewöhnlich etwas dickeren dichteren; auch sind diese letzteren häufig nicht einwabig wie die ersteren, sondern, entsprechend ihrer grösseren Dicke, zwei- bis mehrwabig. Die Strukturverhältnisse ähneln daher sehr denen der in Fig. 10 Taf. 18 dargestellten Sphärenscheiben von Cellulose; nur sind die dichteren Schichten im Allgemeinen etwas weniger dick. Dennoch finden sich auch Stellen der Querschliffe, wo die Wabenstruktur durch eine ganze Anzahl Schichten gleichmässig ausgebildet ist und kein Unterschied dichter und lockerer Schichten vorliegt. Eine solche Stelle lag der auf Fig. 8 Taf. 13 wiedergegebenen Photographie zu Grunde.

Von der Hornachse der Gorgonella wurde auch ein nahe durch die Achse gehender feiner Längsschliff hergestellt und in gleicher Weise, nach der Austrocknung, in heissen Kanadabalsam eingebettet. An günstigen Stellen zeigte er, dass der gleiche Bau der Schichten auch auf dem Längsschliff hervortritt. Da der Schliff jedoch nicht ganz genau durch die Achse ging und die Schichten auch nicht ganz regelmässig cylindrisch, sondern hie und da etwas wellig verlaufen, so kommen auf diesem Schliff viele Schichten in schief aufsteigender Flächenansicht oder auf kurze Strecken in reiner Flächenansicht zur Beobachtung. Hierbei liess sich gut wahrnehmen, dass die Schichten in der Flächenansicht einen ausgesprochen faserig-wabigen Charakter darbieten. Dazu gesellt sich eine, zwar etwas unregelmässig verworrene, aber doch ganz klare schiefe Kreuzung der Faserung, ähnlich der der Bastfasern, der gedehnten Gelatinefäden etc. Dies Resultat ist zwar nicht eigentlich überraschend, aber doch recht interessant, da es eine weitere Bestätigung der unter gewissen Bedingungen sich so leicht bildenden schief-kreuzigen Wabenstruktur liefert; wofür wir gleich bei den Fasern der Hornschwämme neue Belege finden werden.

Von Antipathes habe ich nur einen Querschliff untersucht, aus dem in Fig. 3 Taf. 16 eine überzeugende Stelle wiedergegeben ist. Dieselbe zeigt den wabigen Bau der Schichten, wenn er auch nicht an allen Punkten gleich deutlich hervortritt.

3. Die Hornfasern von Hircinia variabilis.

Dass die konzentrisch geschichteten Hornfasern eine den Cellulosegebilden entsprechende Struktur besitzen, schien mir recht wahrscheinlich. Die genauere, wenn auch vorerst nur orientirende Untersuchung hat diese Vermuthung völlig bestätigt. Die untersuchten Hornfasern waren durch Maceration kleiner Schwamm-

stückchen in 5 % Salzsäure auf dem Wärmeschrank (40 °) isolirt und gereinigt worden. Sie wurden dann in absoluten Alkohol übergeführt und aus diesem im Vakuum ausgetrocknet. Dabei wurden sie wenig weiss, also auch wenig gashaltig; wogegen spätere Untersuchungen, die ich gemeinsam mit Herrn Stud. Sukatschoff ausführte und worüber dieser später genauer berichten wird, ergaben, dass beim Austrocknen aus Xylol im Vakuum vollkommene Gaserfüllung der Fasern zu erzielen ist.

Da die Untersuchung der aus Alkohol ausgetrockneten Fasern in Luft wegen der starken Reflexe der Oberfläche wenig günstig ist, so wurde in Wasser untersucht, in welchem sich die feinere Struktur der getrockneten Fasern schön erhält. Zunächst zeigte sich die bekannte prächtige Schichtung, wie sie auf Fig. 1 Taf. 16 bei schwacher Vergrösserung und Einstellung auf den optischen Längsschnitt eines Knotenpunktes dreier Fasern dargestellt ist.

Die genauere Untersuchung des optischen Längsschnitts der Schichten lässt nun an günstigen Stellen deutlich erkennen, dass die sehr dünnen Schichten wabig gebaut sind. Die Photographie Fig. 6 Tafel 13 zeigt einen solchen optischen Längsschnitt bei 1730facher Vergrösserung. Die Stelle ist einem der Knotenpunkte entnommen, wie er auf Fig. 1 Taf. 16 dargestellt ist. Der wabige Bau der Schichten tritt gut hervor und die Verhältnisse gleichen vollkommen denen, die wir vorhin an der Hornachse der Korallen und früher bei den Cellulosehäuten gefunden haben. Gegen das Centrum des Knotenpunktes verliert sich die deutliche Schichtung meist in eine unregelmässig wabige Struktur. Gelegentlich wurde auch der optische Längsschnitt eines Knotenpunktes so gesehen, wie ihn die Textfig. 89 zeigt, d. h. die Anordnung des Wabenwerks war derart, dass neben der konzentrischen Schichtung eine Querstreifung senkrecht zur Achse der Fasern ziemlich deutlich hervortrat. Eine solche Querstreifung machte sich zuweilen auch in der Achsenmasse der Fasern kenntlich, während die peripherische Masse deutlich konzentrisch geschichtet war.

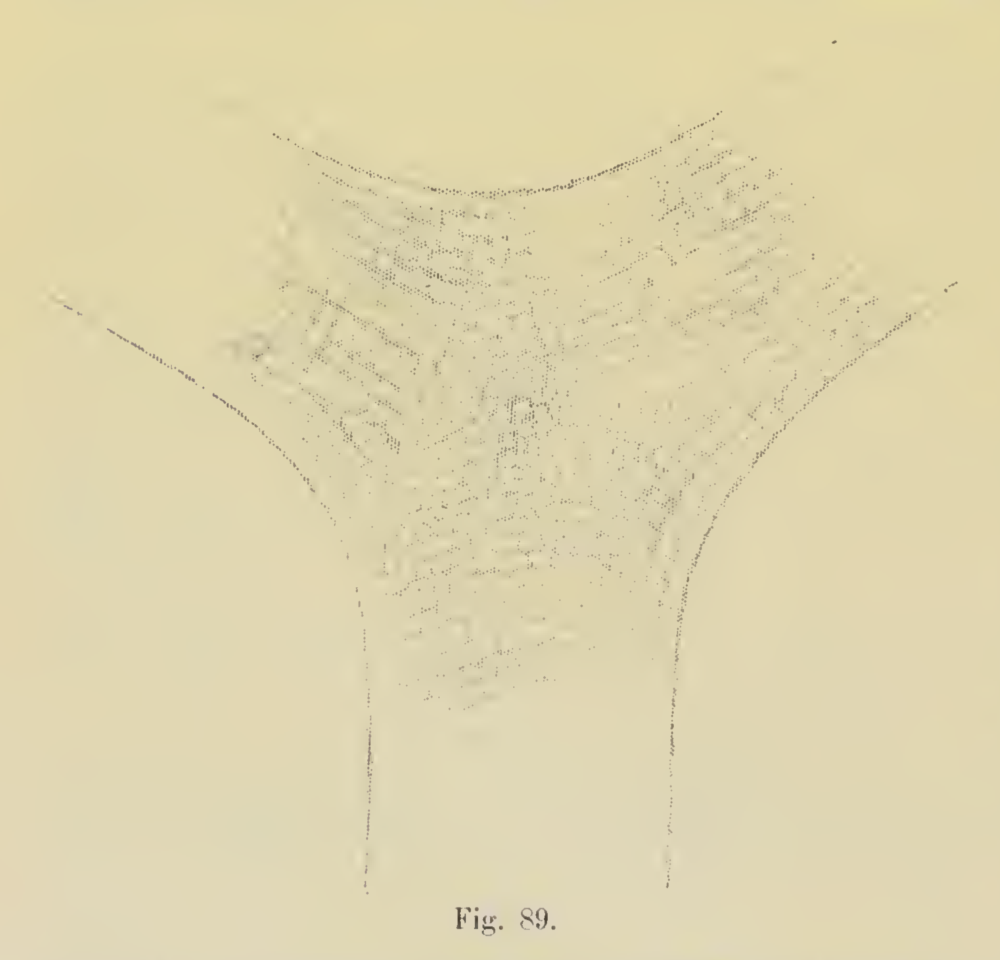


Fig. 89.

Hornfaser von Hircinia variabilis. Aus Alkohol im Vakuum ausgetrocknet; darauf in Wasser untersucht. Optischer Durchschnitt. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung auf Struktur tief.

Besonderes Interesse erregte jedoch die Wahrnehmung, dass bei Flächenbetrachtung der Fasern eine schief gekreuzte, faserige Struktur ganz in derselben

Weise wie bei den Bastfasern hervortrat (s. Fig. 5 Taf. 13 und Textfig. 90). Diese schief gekreuzte Streifung lässt sich durch die ganze Dicke der Fasern verfolgen, kehrt also in allen Schichten wieder. Auch hier ist es bestimmt eine besondere Anordnung der Waben in der Fläche der Schichten, welche die Kreuzstreifung bedingt. Obwohl mich die Flächenansichten hierüber schon hinreichend belehrten, habe ich später gemeinsam mit Herrn Sukatschoff ausgedehntere Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt, welche diese Auffassung durchaus bestätigen. Besonders belehrend sind hierfür wieder die aus Xylol ausgetrockneten (zum Theil zuvor in Kali etwas gequollenen Fasern), die nach Einbettung in geschmolzenen, rasch erhärtenden Kanadabalsam vielfach auf das Klarste zeigen, dass die Struktur sich aus gaserfüllten kleinsten Kämmerchen zusammensetzt, deren Anordnung die Kreuzstreifung hervorruft. Weiterhin wurde dies Ergebniss bestätigt durch Macerations- und Zerklopfungspräparate der Fasern in starker Salzsäure oder Eau de Javelle; wobei ganz dieselben feinsten Elemente auftreten, wie sie bei den Bastfasern auf die gleiche Weise erzielt wurden, d. h. keine reinen glatten Fasern, sondern knotige Fibrillen mit seitlich abgehenden Fäserchen; also Elemente, wie sie bei Zertrümmerung eines feinwabigen Gerüstwerks entstehen, nicht aber bei einem faserigen Bau.



Fig. 90.

Hornfaser von Hircinia variabilis. Behandelt wie Fig. 89. Obj. 2. Oc. 12. Kreuzstreifige Zeichnung der Oberfläche.

4. Die Grundsubstanz des hyalinen Rippenknorpels des Kalbes.

Nach den Erfahrungen über die Struktur der quellbaren Körper lag es für die Grundsubstanz des glasigen Knorpels besonders nahe, einen entsprechenden Bau zu vermuthen. Die Untersuchung mittels der Austrocknungsmethode hat diese Vermuthung völlig bestätigt. Knorpelstückchen, die allmählich in absoluten Alkohol übergeführt waren, wurden im Vakuum ausgetrocknet und dabei kreideweiss, unter relativ sehr geringer Schrumpfung. Bei späterer Wiederholung wurde aus Alkohol in Xylol übergeführt und dann im Vakuum ausgetrocknet. Die Schrumpfung war noch geringer als im ersteren Fall. — Von diesen harten, weissen Knorpelstückchen liessen sich mit dem Rasirmesser feine Schnitte gewinnen. Ursprünglich wurden diese in Luft untersucht, was etwas störend ist, da die Schnitte natürlich ziemlich undurchsichtig sind und weil das Rasirmesser auf den Schnittflächen dichte Kritzer hervorruft. Letztere treten in Luft sehr deutlich hervor und können leicht Irrthümer hinsichtlich der Struktur veranlassen; indem solche Kritzer sich selbst in der

Regel aus Reihen feinster Vertiefungen zusammensetzen, die daher einen netzig-wabigen Bau vorzutäuschen vermögen. Aus diesen Gründen wurden beim Untersuchen der in Luft aufgestellten Schnitte stets etwas dickere berücksichtigt, bei denen es möglich war, auf eine mittlere, sicher im Innern des Schnitts gelegene Ebene einzustellen, um so vor Täuschungen durch Kritzer der Schnittflächen gesichert zu sein. — Bei der Wiederholung der Versuche wurden die Schnitte dagegen in geschmolzenen, schnell erhärtenden Kanadabalsam eingebettet und so einerseits die Kritzer der Oberfläche völlig zum Verschwinden gebracht, andererseits aber durch theilweise Verdrängung der Gaserfüllung in den Schnitten auch die Strukturen häufig in dünnsten, einschichtigen Lagen zur Ansicht gebracht, so dass über ihre Natur kein Zweifel mehr bestehen konnte[1]).

Die Untersuchung solch' lufterfüllter Schnitte ergiebt nun, dass die scheinbar hyaline Grundsubstanz einen durch und durch feinwabigen Bau besitzt, der prachtvoll hervortritt, weil die Wabenräumchen von Luft erfüllt und daher viel schwächer lichtbrechend sind als die Gerüstsubstanz.

Der allgemeine Charakter der wabigen Struktur der Grundsubstanz ist ein mehr oder weniger faseriger, indem die Wabenräumchen faserig gereiht sind. Stellenweise findet man eine gewisse Zugsrichtung der Faserung durch grössere Strecken der Schnitte eingehalten, indem sich zwischen den Knorpelzellen faserige Züge erstrecken, die bei schwächerer Vergrösserung auch als gröbere Faserzüge erscheinen können. Letzteres beruht wesentlich darauf, dass dunkler aussehende, anscheinend gröbere Fasern häufig dadurch gebildet werden, dass die Wabenräumchen gewisser Züge feiner sind und diese daher als dunklere gröbere Züge in dem lockereren und helleren Wabenwerk der Umgebung imponiren. Genauere Untersuchung mit hinreichend starken Vergrösserungen und an genügend dünnen Stellen klärt hierüber auf und zeigt, dass sich die wabige Struktur ganz gleichmässig und überall durch die Grundsubstanz erstreckt.

Um die einzelnen Knorpelzellen bemerkt man hie und da eine allseitige, radiärstrahlig zur Zelle gerichtete faserig-wabige Struktur, während anderwärts eine solche Strahlung nicht deutlich ausgeprägt ist. Gelegentlich kombinirt sich mit der Strahlung um die Knorpelzellen auch eine mehr oder weniger deutliche, konzentrisch geschichtete Anordnung der Wabenzüge; eine Bildung, welche auf einer konzentrischen Schichtung um die Knorpelzellen beruht und noch dadurch an Deutlichkeit gewinnt, dass einzelne konzentrische Schichten dichter gebaut sind und daher als dunklere Züge erscheinen.

Ein ganz besonders eigenthümliches und interessantes Strukturverhältniss zeigte sich an den in heissem Kanada eingeschlossenen Schnitten vielfach so schön, dass seine weite Verbreitung durch einen grossen Theil der Grundsubstanz sehr wahrscheinlich ist. Diese Besonderheit der wabigen Struktur ist nämlich die schöne und vielfach ungemein deutliche Ausprägung einer schief kreuzstreifigen Anordnung der Wabenräumchen, in voller Uebereinstimmung mit dem, was wir bei gedehnten Fäden von Gelatine, Gummi etc., bei den Cellulosemembranen und Hornfasern gefunden haben. Fig. 6 und 7 auf Taf. 16 zeigen diese kreuzstreifige Struktur auf

[1]) Der im Vakuum ausgetrocknete Knorpel ist sicher lufterfüllt. Beim Einlegen in Wasser, oder besser stark verdünnten Alkohol entweicht die Luft in kleinen Bläschen wie beim Tabaschir.

das Deutlichste, und die genaue Untersuchung dünner Stellen mit starken Vergrösserungen ergiebt auch hier ganz bestimmt, dass dieser Bau nur auf den besonderen Anordnungsverhältnissen der Wabenräumchen beruht. (Vergl. auch Fig. 5 Taf. 16 und Fig. 10 Taf. 21).

Verfolgt man die nächste Umgebung der Knorpelzellen, so bemerkt man an günstigen Stellen, dass die Grenzschicht der Grundsubstanz gegen die Knorpelzellenhöhle von einer Lage radiär gerichteter Wabenräumchen gebildet wird, die gegen die Höhle selbst von einer etwas dickeren und dichteren pellicula-artigen Lamelle abgegrenzt wird. Diese Grenzlage hat daher ganz die Beschaffenheit eines Alveolarsaums und wird als die einfachste Andeutung einer sog. Knorpelkapsel angesehen werden dürfen. Wenn wir die Verhältnisse nach Analogie mit den Erfahrungen, welche bei der in 0,3% Chromsäure geronnenen Gelatine gewonnen wurden, beurtheilen dürfen, so ist die Bildung einer kapselartigen Verdichtung der Grundsubstanz um die Knorpelhöhlen leicht zu begreifen; es ist dazu nur eine mässige Anschwellung des Höhleninhalts erforderlich, wobei gleichzeitig aus denselben Ursachen eine konzentrische Schichtung um die Knorpelhöhlen zur Ausbildung gelangen kann (vergl. hierzu die oben p. 167—168 dargelegten Verhältnisse über die Vakuolenbildung in Gelatine).

Da, wo der Kanadabalsam die Hohlräumchen der Schnitte vollständig ausgefüllt hat, ist jede Andeutung der Struktur verschwunden; weshalb der Brechungsexponent der Gerüstsubstanz mit dem des Kanadabalsams nahe übereinstimmen muss.

Setzt man zu einem im Vakuum eingetrockneten Schnitt, dessen Struktur durchaus deutlich ist, Wasser, so verschwindet sie sofort und ungemein rasch fast vollständig unter Aufquellen des Schnitts. Nur hier und da bemerkt man geringe und zarte Andeutungen von Faserung. Der Zutritt von Wasser muss daher eine Veränderung der Gerüstsubstanz unter Verringerung ihres Brechungsexponenten hervorrufen, so dass derselbe nur wenig von dem des Wassers der Hohlräumchen abweicht und die feine Struktur deshalb unsichtbar wird.

Kopfknorpel von Sepia officinalis, der in derselben Weise aus einem Gemisch von Alkohol und Aether im Vakuum ausgetrocknet wurde, zeigte gleichfalls die Grundsubstanz durchweg faserig-wabig strukturirt; in ihr waren die zwischen den Zellen sich ausspannenden Ausläufer häufig recht gut zu unterscheiden. Beiderlei Strukturen sind daher unabhängig von einander.

Wie schon oben hervorgehoben, kann es hier nicht meine Aufgabe sein, auf die ungemein umfangreiche Litteratur, welche die Frage nach dem Bau der Grundsubstanz des Hyalinknorpels hervorgerufen hat, näher einzugehen. Dies kann um so eher unterbleiben, als namentlich in der Arbeit von van der Stricht (1887) eine gute Uebersicht über das Historische der Frage und ein ausführliches Litteraturverzeichniss vorliegt. Es ist bekannt, dass über dieses Problem sehr verschiedene Meinungen aufgestellt und lebhaft vertheidigt wurden, die in aller Kürze unter nachstehenden vier Kategorien resümirt werden können. 1. Mangel jeglicher Struktur, also homogene Beschaffenheit der Grundsubtanz. 2. Faserige bis netzige Strukturen der Grundsubstanz, welche darauf beruhen, dass die Knorpelhöhlen durch zarte Kanälchen in der Grundsubstanz zusammenhängen. 3. Es sind keine Kanälchen, welche die eben erwähnten Zeichnungen in der Grundsubstanz hervorrufen, sondern

Ausläufer des Protoplasmas der Zellen, welche sich durch die Grundsubstanz erstrecken und die Zellen verbinden. 4. Die Strukturen der Grundsubstanz rühren, abgesehen von in gewissen Hyalinknorpeln (Cephalopoden etc.) nachweisbaren echten Zellverbindungen, von einer feinfibrillären Zusammensetzung der Grundsubstanz her; die Fibrillen sind durch eine schwächerbrechende Kittsubstanz mit einander vereinigt. Ausserdem besteht häufig noch eine lamelläre Zusammensetzung der Grundsubstanz aus dichteren und weniger dichten, bezw. stärker oder weniger stark färbbaren Schichten.

Natürlich finden sich auch zum Theil Kombinationen dieser verschiedenen Ansichten, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

Meine, ohne genauere Kenntniss der umfangreichen früheren Studien angestellten Untersuchungen finden sich bei näherer Vergleichung mit den Ergebnissen der älteren Forscher in gutem Einklang. Abgesehen von den echten Zellverbindungen, für deren sichere Erkennung die hier verwendete Methode natürlich keine geeignete ist und die ja im Rippenknorpel, wenn überhaupt vorkommend, keine Rolle spielen, lassen sich alle früher beschriebenen faserigen oder netzigen Strukturen der Grundsubstanz auf unvollständige, bruchstückweise Beobachtung der durch die Austrocknung im Vakuum zu voller Ansicht gelangenden faserig-wabigen Struktur zurückführen. Es ist natürlich, dass die früher verwendeten Methoden: Alkoholbehandlung und Untersuchung in Alkohol, Behandlung mit Chromsäurelösungen verschiedener Konzentration, Osmiumsäure, Versilberung, Vergoldung etc. nur Theile der Struktur erkennen liessen, insbesondere die dichten, fein-strukturirten Faserzüge, welche sich häufig zwischen den Zellen ausspannen, und die bald für Kanälchen, bald für Zellausläufer gehalten wurden, obgleich van der Stricht sie schon ganz richtig als dichtere Fibrillenzüge der allgemeinen fibrillären Grundsubstanz beurtheilte. Uebrigens haben sowohl die angegebenen Behandlungsweisen, als namentlich auch die in verschiedenster Weise ausgeführten Macerationen (so durch Erhitzen über 100°; mit übermangansaurem Kali, mit Lösungen von Kochsalz, Kalk- oder Barytwasser, Trypsinverdauung etc.) bei vielen Forschern schon die Ueberzeugung hervorgerufen, dass die gesammte Grundsubstanz durch und durch fibrillär gebaut sei, indem nach geeigneter Maceration ihre Zerlegung in Fibrillen möglich ist. — Auch diese Erfahrungen stehen mit den von mir beobachteten Verhältnissen durchaus im Einklang. Wir finden bei den faserig-wabig strukturirten, quellbaren Substanzen diese Zerlegbarkeit in Fibrillen nach kürzerer oder längerer Einwirkung lösender Flüssigkeiten allgemein. Schon die sehr verschiedenen Flüssigkeiten, welche gerade beim Knorpel diese fibrilläre Zerlegung hervorrufen, dürften darauf hinweisen, dass es sich dabei wohl nur um eine theilweise Lösung des Gerüstwerkes handelt, welcher die im allgemeinen stärkeren Längszüge des Werks länger widerstehen, während die zärteren Querbälkchen früher zerstört werden. Ich bin fest überzeugt, dass die genauere Untersuchung der durch Maceration darstellbaren Fibrillen ergeben wird, dass sie nicht glatt sind, sondern noch Reste der Querbälkchen aufweisen; in derselben Weise, wie ich dies an den Fibrillen der Cellulose, des Spongins und Chitins fand. Um diese subtilen Verhältnisse wahrzunehmen, ist jedoch starke Färbung der Fibrillen nöthig; namentlich wird auch die vorsichtige Trocknung der Fibrillen und ihre Untersuchung in Luft dabei wichtige Dienste erweisen.

Dass sich mit der allgemeinen faserig-wabigen Struktur eine lamellöse kombiniren kann, ist ja ein häufiger Fall, der bei Cellulose, Chitin, Spongin etc. regelmässig vorhanden ist. Obgleich ich daher bei dem von mir untersuchten Rippenknorpel bis jetzt nichts von dieser Bildung gesehen habe, halte ich ihr Vorkommen für durchaus wahrscheinlich.

Die seitherigen Vertreter der faserig-fibrillären Struktur der Knorpelgrundsubstanz waren durchweg der Meinung, dass die Fibrillen durch eine „Kittsubstanz“ verbunden und zusammengehalten werden müssten. Diese Meinung war ja eine Konsequenz ihrer Ansicht über die einfach glatte Fasernatur der Fibrillen, welche nicht durch Querbrücken unter einander verbunden seien, denen sie sogar nur selten Verzweigungen zuerkannten. Unter diesen Umständen musste natürlich eine Kittsubstanz zur Vereinigung der Fibrillen vorhanden sein, um so mehr als der Knorpel relativ recht fest ist. In Anbetracht des letzten Umstandes wäre sogar die Annahme nothwendig gewesen, dass die Kittsubstanz gleichfalls fest sein muss, da ihre halbweiche oder zähweiche Beschaffenheit, die einzelne Forscher zugeben zu dürfen glaubten, nothwendig zur Folge haben würde, dass auch der Gesammtknorpel eine zähweiche plastische Beschaffenheit besitzen müsste; denn eine Masse feiner fester Fibrillen, die durch eine zähweiche Masse zusammengekittet werden, kann selbst nur eine zähweiche, plastische Beschaffenheit haben.

Für unsere Auffassung der Struktur der Knorpelgrundsubstanz wird die Annahme einer solchen verbindenden Kittsubstanz natürlich vollkommen entbehrlich, da die Fibrillen nicht unverbunden sind, sondern als ein festes wabiges Gerüstwerk durchaus zusammenhängen. Das Verhalten des Knorpels beim Eintrocknen aus Alkohol oder Xylol im Vakuum, welches sich vollkommen dem geronnener quellbarer Körper anschliesst, lässt daher auch wie bei diesen als die einfachste und natürlichste Erklärung des Beobachteten annehmen, dass die Hohlräumchen der faserig-wabigen Grundsubstanz im natürlichen Zustand von wässeriger Flüssigkeit erfüllt sind, die natürlich gelöste Substanzen enthalten und bei der Ueberführung in Alkohol durch diesen ersetzt wird, in derselben Weise wie wir es bei quellbaren Körpern überhaupt annehmen. Ich erwähne bei dieser Gelegenheit, dass sich diese Wabenflüssigkeit im Knorpel auch durch Aethyläther direkt ersetzen lässt und dass derartige, ziemlich stark geschrumpfte Knorpelstückchen, welche längere Zeit in Aether lagen, schon bei Austrocknen an der Luft völlig kreideweiss und gashaltig werden. — Bekanntlich trocknet ein frisches Knorpelstückchen oder auch ein solches, dessen Struktur durch Trocknen im Vakuum deutlich gemacht wurde und das hierauf in Wasser wieder seine natürliche Beschaffenheit angenommen hatte, an der Luft unter starker Schrumpfung zu einer glasartig durchsichtigen Masse ein, genau so wie geronnene quellbare Körper, z. B. geronnenes Eiweiss und dergl. Beim Aufquellen in Wasser nimmt es wieder die opake trübe Beschaffenheit an, die es im wasserhaltigen Zustand besass. Diese Eigenthümlichkeit, welche mit der geronnener quellbarer Körper und auch der Gelatine etc. übereinstimmt, weist wie bei diesen darauf hin, dass im wasserhaltigen Zustand eine diskontinuirliche Nebeneinanderlagerung von wässeriger Flüssigkeit und fester, stärker brechender Substanz statthat, wie es unsere Auffassung voraussetzt. Wenn dies richtig ist, so muss sich unter genügendem Druck ein Theil der wässerigen Flüssigkeit, welche die Hohlräumchen des Knorpels erfüllt, auspressen lassen.

Es schien mir wichtig genug, diese Frage einer vorläufigen Prüfung zu unterziehen. Zu diesem Zweck wurde ein sauber präparirter Rippenknorpel des Kalbs, der vom Metzger bezogen, und als unverdorben, wenn auch nicht als lebensfrisch bezeichnet werden konnte, trocken zwischen zwei Bleiplatten im Schraubstock ausgepresst. Der erste Versuch mit einem gut abgetrockneten Knorpelstück, das 4,5 gr wog, ergab 0,58 gr einer etwas trüben, opalisirenden, schwach gelblichen Flüssigkeit. Ein zweiter Versuch, bei welchem der in kleine Stücke zerschnittene, rein präparirte Knorpel in eine starkwandige Bleiröhre gefüllt wurde, die an einem Ende geschlossen, am anderen dagegen konisch zugespitzt und mit einer feinen Oeffnung versehen war, ergab beim Auspressen im Schraubstock zwischen Eisenplatten aus 13,5 gr Knorpel nicht weniger als 2,90 gr entsprechender Flüssigkeit, also 21,5 %.

Wie gesagt, ist die erhaltene Flüssigkeit etwas schleimig opalisirend, filtrirt jedoch leicht durch Papier, wobei sie opalisirend bleibt. Sie reagirt alkalisch und giebt weder beim Kochen in diesem Zustand, noch nach schwacher Ansäuerung mit Essigsäure eine Ausscheidung. Bei 105° getrocknet hinterliess sie 2,86 % festen Rückstand, der bei mikroskopischer Betrachtung in einer etwas gelbbräunlichen glasigen Grundmasse krystallitische Bildungen einschloss, die nicht doppelbrechend waren. Beim Uebergiessen mit kaltem Wasser lösten sich diese Krystalliten sofort, die Grundmasse dagegen nicht, sondern quoll und zerfiel in Schollen, die ungelöst blieben. Mit Millon's Reagens gab eine Probe der Flüssigkeit (leider hatten sich schon ziemlich viel Bakterien darin entwickelt, die sich sehr rasch vermehrten), nur eine ganz schwach-orange Färbung. Bei Zusatz von etwa dem doppelten bis dreifachen Volum absoluten Alkohols zu der Pressflüssigkeit fällt reichlich weisser flockiger Niederschlag aus; derselbe ist nach 24stündigem Stehen unter Alkohol in Wasser wieder löslich; bei dem Versuch mit einer ersten Probe löste er sich ganz leicht auf; bei dem Versuch mit einer zweiten Probe, die schon etwas Bakterien entwickelt hatte, bildete sich eine ziemlich dickschleimige Lösung, die sehr schwer filtrirte, nach Zusatz von ein wenig Kalkwasser und Erwärmen jedoch dünnflüssig wurde und dann sehr leicht filtrirte. Das Filtrat ergab mit ganz wenig Essigsäure angesäuert beim Kochen keine Trübung; wurde hierauf reichlich Essigsäure zugegeben, so bildete sich beim Kochen ziemlich viel flockiger Absatz, der sich in starkem Ueberschuss von Essigsäure beim Kochen nicht löste. Mit Salpetersäure angesäuert bildete sich beim Kochen ein ähnlicher flockiger Absatz, der sich im Ueberschuss von Salpetersäure in der Kälte wieder löste. Ganz dieselben Reaktionen mit Essigsäure und Salpetersäure erhält man auch mit der ursprünglichen Flüssigkeit. Die Wasserlösung der Alkoholfällung ergab mit Millon's Reagens schwach rosenrothe Färbung.

Das Filtrat von der Alkoholfällung hinterliess nach Eindampfen im Uhrglas eine ziemliche Menge schöner Krystalliten von zweierlei Art. Einmal solche, die mit den oben erwähnten identisch waren und einfach brachen und dann spiessige von einem Centrum ausstrahlende Nadeln, die doppelt brachen. Wurde der Rückstand mit wenig Wasser behandelt, so lösten sich die Krystalliten und es blieb eine Spur flockiger Substanz; wohl sicher dieselbe, die durch Alkohol ausgefällt wird. Die Lösung des Rückstands wurde filtrirt und mit einer Spur Kupfersulfat und Natronlauge geprüft; sie reduzirte nicht merkbar.

Die angegebenen Reaktionen dürften mit grosser Wahrscheinlichkeit dafür

sprechen, dass die Hauptmenge der in der Pressflüssigkeit gelösten Substanz Mucin ist; Eiweiss kann sich darin nur in Spuren finden. Ueber die Natur der beiden krystallinischen Substanzen ist ohne nähere Prüfung schwer zu urtheilen. Diese Erfahrungen finden eine Stütze in den unter Kühne's Leitung ausgeführten Untersuchungen von Moroschowitz (1876), welche den Mucingehalt des Knorpels erwiesen und zeigten, dass das sog. Chondrin oder der Knorpelleim nur ein Gemisch von Gelatine und Mucin ist.

In der viel erörterten Frage wie die Ernährungsvorgänge im Knorpel vor sich gehen, ein Problem, dass speziell zur Annahme von Kanälchen geführt hat, welche die Grundsubstanz durchsetzen und die Knorpelhöhlen verbinden, stelle ich mich ganz auf die Seite derjenigen Forscher, welche den Flüssigkeitsaustausch in der Grundsubstanz auf diffusionellem Wege ohne besondere Leitungsbahnen geschehen lassen. Da die Grundsubstanz sich ganz wie ein gequollener Körper verhält, so ist sie auch für eine derartige Bewegung von Flüssigkeiten und des von ihnen Gelösten eingerichtet. Damit stehen die Erfahrungen über die Ablagerung von Farbstoffen in der Grundsubstanz, so besonders des Indigo, im Einklang, welche dem Organismus in gelöster Form, z. B. als indigoschwefelsaure Salze, einverleibt werden. Die Erfahrungen, welche speziell J. Arnold (1878) hierüber gesammelt hat, lassen sich mit dem von mir vorausgesetzten Bau der Grundsubstanz gut vereinigen; indem die Zeichnungen, welche die Ablagerung des Farbstoffes in der Grundsubstanz hervorruft, sehr denen gleichen, welche sich als die Struktur der Grundsubstanz durch Austrocknung und auf anderen Wegen ergeben. Es ist auch leicht erklärlich, wie durch Ablagerung oder Ausscheidung des Farbstoffs, dessen Lösung sich in den Hohlräumchen des Wabenwerks befindet oder darin vordringt, Bruchstücke der Struktur mehr oder weniger deutlich gemacht werden können. Auch stimmt diese Erklärung im Wesentlichen mit der von Arnold selbst gegebenen überein, abgesehen von der genaueren Kenntniss der Struktureinzelheiten, über die Arnold natürlich nicht verfügte.

Dagegen halte ich es für im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass geformte feste Körperchen in die Grundsubstanz einzudringen vermögen, wenn dies auch gewisse Forscher angeben. Wird ein lufterfülltes, im Vakuum ausgetrocknetes Knorpelstückchen in angeriebene chinesische Tusche gebracht, welche bekanntlich aus ungemein feinen Partikelchen besteht, deren Kleinheit ihnen das Eindringen in die Hohlräumchen der Grundsubstanz wohl gestattete, so tritt Wassererfüllung und Aufquellung ein, doch dringt keine Spur der Tusche in das Innere. Bei der ausserordentlichen Feinheit der Tuschekörnchen halte ich dies auch für einen Beweis der Abgeschlossenheit der Hohlräumchen oder Kämmerchen. Wenn sich daher dem Organismus einverleibte feste Farbstoffkörnchen wirklich in Knorpelzellen oder der Grundsubstanz gelegentlich antreffen lassen sollten, so könnte dies, wenn Löslichkeit des Farbstoffes und Wiederausscheidung ganz ausgeschlossen ist, nur durch Vermittelung von Zellausläufern geschehen, wo solche vorhanden sind.

Soweit ich die frühere Litteratur durchsehen konnte, finde ich nur, dass Budge gelegentlich das Austrocknen von Knorpelschnitten aus Wasser oder Aether in freier Luft zur Aufklärung der Struktur versucht hat (1879, p. 4—5). Dass er beim Austrocknen aus Aether gröbere Partien der Struktur, d. h. die dunkleren, gröberen

Faserzüge, welche sich häufig zwischen den Knorpelzellen ausspannen wirklich zur Darstellung brachte, dürfte nach dem, was oben über die Behandlung mit Aether und die Austrocknung daraus bemerkt wurde, erklärlich sein.

5. Untersuchungen über die feinere Struktur des Chitinpanzers von Astacus fluviatilis.

Sowohl die Erfahrungen über den feineren Bau der Cellulosemembranen als die schon früher (1892 p. 89) von mir gewonnenen Anschauungen über die Struktur der Cuticulae gewisser Würmer (Phaseolosoma, Branchiobdella, Distomeen) legten es nahe, auch den Chitinpanzer der Arthropoden genauer anzusehen, da hier ähnliche feinere Strukturverhältnisse zu erwarten waren. Ueber die 1893 an Astacus fluviatilis begonnenen Untersuchungen wurde schon 1894 vorläufig kurz berichtet. Dort wurde auch schon hervorgehoben, dass das gewählte Objekt für eine erste Orientirung auf diesem Gebiete wenig geeignet ist, da der Decapodenpanzer sicherlich zu den komplizirtesten Cuticularbildungen gehört. Dementsprechend bemerkte ich (1894 p. 53): „Man kann nicht behaupten, dass gerade dieses Objekt sich besonders dazu eigne, die prinzipiellen feineren Strukturverhältnisse der Chitinhäute zu ermitteln, da die Struktur sich als sehr komplizirt erweist und dem Studium daher Schwierigkeiten bereitet, welche an einfacheren, dünnen Chitinmembranen kaum vorkommen werden.“ Diese Bemerkung hat sich bei der weiteren Verfolgung des Gegenstandes nicht nur bestätigt, sondern die Schwierigkeiten sind dabei gegen Erwarten sogar gewachsen. Andererseits ergab aber die Untersuchung dünnerer Chitinhäute, so der von Gammarus fluviatilis, dass die Verhältnisse hier bedeutend einfacher und verständlicher sind. Da ich die letzteren Untersuchungen gemeinsam mit Herrn Stud. Sukatschoff anstelllte, der darüber eingehender berichten wird, so will ich sie hier nicht näher berühren, mich vielmehr auf die Verhältnisse bei Astacus beschränken.

Bei meinen ersten Untersuchungen des Krebspanzers wurden nur feine Durchschnitte entkalkter Häute studirt, während die zahlreichen Beobachter früherer Zeit vorwiegend Schliffe des verkalkten Panzers untersuchten; deshalb wurde der Gegenstand vor Abfassung dieses ausführlicheren Berichtes nochmals aufgenommen und dem Studium zahlreicher Dünnschliffe viel Zeit gewidmet, ebenso jedoch auch von neuem Schnitte des entkalkten Panzers verglichen. Wie gesagt, ergaben diese wiederholten und erweiterten Beobachtungen, welche mehrere Monate fortgesetzt wurden, zunächst, dass der Krebspanzer zweifellos zu den komplizirtesten und schwierigsten mikroskopischen Objekten gehört. Ja ich darf wohl sagen, dass er die verwickeltsten und schwierigsten Strukturen darbietet, welche mir bis jetzt begegneten. Obgleich ich daher viel Zeit und Mühe auf seine Untersuchung verwendete, kann ich doch nicht behaupten, dass es gelungen sei, dieser Schwierigkeiten genügend Herr zu werden. Ich habe endlich die auf die Dauer sehr ermüdenden Untersuchungen abgebrochen, nachdem eine gewisse Klarheit erzielt schien; wie gesagt, darf ich nicht beanspruchen, den Gegenstand zu voller Befriedigung aufklären zu können.

Was ich 1894 über den Bau berichtete, erwies sich im Wesentlichen als richtig; doch ist er komplizirter, als es damals nach der ersten orientirenden Untersuchung schien.

Die früheren Beobachter, von welchen ich nur von Nathusius (1877), Tullberg (1881) und Vitzou (1882) nenne, haben nur einen relativ kleinen Theil der Komplikationen gesehen, obgleich sie sich recht eingehend mit dem Panzer der Decapoden beschäftigten. Bei Vitzou findet man eine ziemlich ausführliche Darlegung des Historischen, weshalb eine Wiederholung hier unterbleiben kann.

Die Methode meiner Untersuchungen, die ausschliesslich an Astacus (Scheere, Beine, Schwanzflosse) angestellt wurden, bestand einerseits im Studium der von mir selbst hergestellten Dünnschliffe (Scheere, Bein), die in verschiedenen Richtungen ausgeführt und theils in Wasser oder Glycerin, theils dagegen in mit Xylol verdünntem Kanadabalsam studirt wurden. In diesen Fällen werden die in geeigneter Weise behandelten Schliffe von den Einschlussflüssigkeiten ganz durchdrungen, d. h., die in den sog. Porenräumen des Panzers enthaltene Luft wird völlig von der Einschlussflüssigkeit verdrängt. Endlich wurden die Schliffe auch in mehr oder weniger erhitzten, rasch erstarrenden Kanadabalsam eingebettet, um die Lufterfüllung in verschiedenem Grade zu erhalten; wodurch natürlich wichtige Aufschlüsse über die Strukturen zu erlangen sind.

Schnitte in den verschiedenen Richtungen wurden mit Material ausgeführt, das mit schwacher Salzsäure entkalkt, darauf einige Zeit mit verdünnter Kalilauge gekocht und schliesslich mit Alkohol und Aether von Fett und Pigment ganz befreit war. In Paraffin eingebettet, schneidet sich derartiges Material recht gut, so dass Schnitte von 2 μ Dicke leicht erhalten werden. Auch solche von geringer Dicke sind zu erzielen, jedoch durch das Messer in der Regel stark zerrissen und die feinere Struktur verändert, weshalb sie wenig geeignet erscheinen.

Intensive Färbung der Schnitte, welche zur Erkennung feinerer Strukturverhältnisse günstig ist, wurde theils mit Vesuvinbraun, Gentianaviolett oder Kongoroth, theils dagegen mit der von mir früher (1892 p. 80 Anm.) kurz beschriebenen Eisenhämatoxylinmethode erzielt (essigsaures Eisenoxyd in wässeriger Lösung, darauf nach kurzem Auswaschen wässerige $^1/_2$ % Hämatoxylinlösung). Mit dieser Methode lässt sich eine sehr intensive Färbung erreichen, indem man sie drei bis vier Mal nach einander auf dieselben Schnitte anwendet. Auswaschen mit destillirtem Wasser ist dabei nöthig, da bei Verwendung unreinen Wassers störende Niederschläge auftreten. Nach demselben Verfahren lassen sich auch grössere Stücke des Chitinpanzers in toto vortrefflich und sehr intensiv färben. Trotz dieser starken Färbungen ist die Untersuchung der Schnitte in Wasser nöthig, da in Kanadabalsam die feinsten Strukturverhältnisse undeutlicher werden. — Um störende Wiederholungen der Bilder bei der Einstellung auf die untere Grenzfläche der Schnitte zu vermeiden (s. oben p. 16 ff.), empfiehlt es sich, die Schnitte nach der Wassermethode auf Deckgläser aufzukleben, so dass die untere Grenzfläche der Schnitte nicht auf Glas aufruht.

Von besonderer Wichtigkeit für die sichere Erkennung der Strukturen sind auch Zupfpräparate, welche man am geeignetsten durch Zerzupfen oder noch besser Zerklopfen der feinen Schnitte erhält. Letztere Methode ist deshalb viel geeigneter,

weil sie meist leicht beurtheilen lässt, welcher der verschiedenen Lagen des Panzers das zerfallene Material angehört, und weil dabei häufig am Objektträger oder Deckglas ganz ungemein dünne Reste der Schnitte kleben bleiben, die für das Studium besonders werthvoll sind.

Eine kurze Uebersicht der bis jetzt beobachteten und auch durch meine Untersuchungen im Allgemeinen bestätigten gröberen Bauverhältnisse des Decapodenpanzers lehrt etwa Folgendes.

Der Panzer besteht überall aus mehreren übereinanderliegenden Lagen, die wir nicht Schichten nennen wollen, wie es gewöhnlich geschehen, da sie fast alle selbst wieder geschichtet sind. Zu äusserst treffen wir eine dünne Lage, in welcher die früheren Autoren meist keinerlei Struktur beobachteten und die sie als Cuticula (Vitzou als Epidermis (v. Nathusius, Lavalle) oder als Pellicula (Williamson) bezeichneten.

Darauf folgt eine zweite, vielfach dickere Lage, die sich durch rothe Pigmentirung (todter Panzer) auszeichnet. Diese Lage ist fein quergeschichtet. Ihre Bezeichnung als Pigmentschicht (Lavalle, Vitzou) dürfte wohl die geeignetste sein. Carpenter und Queckett nannten sie Zellschicht, in der Annahme, dass sie aus Zellen zusammengesetzt sei; Williamson gab ihr dagegen den Namen „areolar layer“ und Nathusius bezeichnete sie im Anschluss hieran als „Wabenschicht“.

Als dritte und stärkste folgt eine nichtpigmentirte, aus dickeren Schichten zusammengesetzte Lage, deren Schichten nach innen zu meist niedriger werden. Da diese Lage die Hauptmasse des Panzers bildet, so darf sie wohl als die Hauptlage bezeichnet werden. Lavalle nannte sie „Couche dermique“, Williamson „Corium calcified“, Nathusius „mittlere Panzerschicht“, Tullberg „innere Schicht“, Vitzou „couche calcifiée“.

Nur ein Theil der Autoren unterschied von dieser Hauptlage noch eine vierte innerste; andere, wie namentlich M. Braun, rechneten diese vierte Lage zur dritten. Schon Williamson trennte sie jedoch als „corium non calcified“ von der dritten, ebenso Tullberg als die „undeutlich faserige Abtheilung der inneren Schicht“; und Vitzou spricht sie gleichfalls als besondere, sehr feingeschichtete Lage an, indem er Williamson's Angabe bestätigt, dass sie unverkalkt ist. Auch ich habe diese Lage schon 1894 als die innerste unterschieden und will dies auch hier so halten, obgleich sie keine ganz scharfe Grenze gegen die Hauptschicht zeigt, vielmehr in diese übergeht; was übrigens für alle Lagen in ihrer Beziehung zu den benachbarten gilt, wie wir noch genauer sehen werden.

Demnach unterscheiden wir 1. Aussenlage, 2. Pigmentlage, 3. Hauptlage und 4. Innenlage. Dazu kommt aber noch eine 5. äusserste Lage, die seither nicht scharf erkannt wurde, obgleich sie eigentlich am meisten von den übrigen vier Lagen differirt. Diese äusserste Lage habe ich schon 1894 geschildert und mit a bezeichnet, damals jedoch ihr Verhältniss zu der dünnen Aussenschicht der früheren Autoren nicht erörtert. Genauere Vergleichung der älteren Arbeiten lehrte denn auch bald, dass diese Grenzhaut, wie wir sie nennen wollen, von den meisten früheren Beobachtern überhaupt nicht gesehen wurde. Mit deren homogener Aussenschicht ist sie nämlich nicht identisch; sie ist äusserst dünn, nur ca. 1 μ dick, während die

Aussenlage etwa 7 μ erreicht. Dass dies Grenzhäutchen von den älteren Beobachtern nicht bemerkt wurden, erklärt sich zum Theil daraus, dass es auf Schliffen schwer von der Aussenlage zu unterscheiden ist. Dagegen tritt es auf Schnitten des entkalkten Panzers durch sein stärkeres Brechungsvermögen und die intensivere Bindung der Farbstoffe deutlich hervor. Auf Schnitten hat es denn auch Tullberg sicher schon gesehen (Hummer); denn was er als äussere Schicht (s. s. Fig. 1 a) auf einem Schnitt abbildet, ist zweifellos diese Grenzhaut, nicht die Aussenlage der früheren Autoren, welche sich auf Schnitten überhaupt nur schwer von der darunter folgenden Pigmentlage unterscheiden lässt. Vitzou erkannte die Grenzhaut nicht, obgleich er ausschliesslich Schnitte des entkalkten Panzers untersuchte; dies folgt aus der Dicke der von ihm abgebildeten Aussenlage, welche mit der auch von uns so bezeichneten Lage übereinstimmt, dagegen die der Grenzhaut vielfach übertrifft.

Wie gesagt, unterscheidet sich das Grenzhäutchen am auffallendsten von den übrigen Lagen, da es chemisch von ihnen verschieden ist, wie die Untersuchung zu meinem Erstaunen ergab. Abweichend von diesen löst es sich nämlich nicht in rauchender Salzsäure (37%), besteht also nicht aus Chitin. Mit Jodtinktur färbte sich das isolirte Grenzhäutchen stark gelbbraun; wurde darauf das mit Jodtinktur nahezu eingetrocknete Präparat mit konzentrirter Schwefelsäure behandelt, so wurde das Häutchen nahezu farblos und von der Schwefelsäure sehr wenig angegriffen. Nachdem das Präparat einige Zeit gestanden und die ausgeschiedenen Jodkryställchen verschwunden waren, hatte sich das Häutchen tief braun bis rothbraun gefärbt. Die naheliegende Vermuthung, dass das Grenzhäutchen Cellulose sei, bestätigte sich demnach nicht. — Bei dieser Gelegenheit mag erwähnt werden, dass auch Krebs-Chitin, welches längere Zeit mit einer Eisenchlorürlösung und Salzsäure bei 40° behandelt war, sich zwar mit Jodtinktur kräftig hellbraun färbte, jedoch keine Cellulosereaktion ergab. Dieser Versuch wurde ausgeführt, da bekanntlich nitrirte Cellulose bei dieser Behandlung denitrirt wird, und die Möglichkeit nicht absolut ausgeschlossen schien, dass auch das Chitin auf diese Weise wieder Cellulosereaktion annehmen könnte.

Hinsichtlich des feineren Baues der zahlreichen Lagen des Panzers haben die früheren Untersuchungen im Wesentlichen ergeben, dass wenigstens die drei inneren Lagen, also die Hauptmasse des Panzers, von senkrecht aufsteigenden, dicht gedrängten sog. Porenkanälchen durchsetzt werden, die in trockenem Zustand lufterfüllt sind. Ausserdem fanden Nathusius und Tullberg einen feinfaserigen Bau namentlich der Hauptlage.

Von besonderem Interesse ist die Frage nach dem Verhalten des Kalks zu der nach der Entkalkung verbleibenden chitinösen Substanz. Meine Erfahrungen ergaben, dass die Struktur aller Lagen im verkalkten und entkalkten Zustand im Wesentlichen dieselbe ist; woraus folgt, dass die anorganische Substanz nicht in irgend einer bestimmten Form der organischen eingelagert sein kann, sondern dieselbe gleichmässig imprägniren muss, und dass sie vor allem nicht etwa in Hohlräumen der organischen Substanz abgelagert ist. Es ist die nach der Entkalkung restirende Chitinsubstanz, an welche die Kalksalze gebunden sind.

a) Feinerer Bau der Hauptlage.

Obgleich diese Lage die komplizirtesten Verhältnisse zeigt, scheint es doch am geeignetsten mit ihrer Betrachtung zu beginnen. Oben wurde schon bemerkt, dass sie aus zahlreichen Schichten besteht, deren Zahl natürlich mit der Gesammtdicke der Lage wechselt, und ferner, dass diese Schichten aussen am dicksten sind und sich nach innen mehr und mehr verdünnen, schliesslich recht fein werdend. Letzteres ist namentlich auf Querschliffen oder Querschnitten der Scheerenfinger gut zu sehen, die eine recht dicke Hauptlage besitzen. Letztere Theile des Panzers dienten mir auch hauptsächlich zur Untersuchung des feineren Baues dieser Lage.

Beginnen wir mit der Betrachtung der möglichst dünn hergestellten Schliffe durch die Hauptlage der Scheere, die in geschmolzenem Kanadabalsam so aufgestellt wurden, dass die Hohlräume theilweise lufterfüllt blieben. Ein solcher Querschliff zeigt namentlich bei schwächerer Vergrösserung an den lufterfüllten Stellen das von den früheren Beobachtern so häufig geschilderte Bild, nämlich senkrecht zu den Schichtflächen aufsteigende lufthaltige und deshalb bei hoher Einstellung tief dunkle Kanälchen, welche meist sehr ausgesprochen wellenförmig geschlängelt sind. Die welligen Schlängelungen stehen in bestimmter Beziehung zu den Schichten, da sich wenigstens in den dickeren feststellen lässt, dass auf jede Schicht eine ganze Welle kommt, in der Weise, dass die Grenzen zweier benachbarter Schichten durch je einen Wellenberg bezeichnet werden, während das dazwischenliegende Wellenthal in die Schicht selbst fällt (vergl. den Querschnitt Fig. 4 Taf. 27, der dies Verhalten ebenfalls recht gut zeigt; die dunkeln, welligen Fasern entsprechen hier etwa den Kanälchen; die Schichtgrenzen sind mit g bezeichnet). Ein solcher Verlauf der Kanälchen würde an und für sich schon den Anschein einer Schichtung bedingen, auch wenn nicht andere Momente dazu beitrügen, um die Erscheinung zu verstärken. Diesen wellenförmigen Verlauf der sog. Kanälchen und seine Beziehung zur Schichtung finde ich bei Vitzou am bestimmtesten betont. — Die sorgfältige Untersuchung der Querschliffe lehrt jedoch, dass die Kanälchen nicht eigentlich wellenförmig, sondern schraubenförmig verlaufen; dies ersieht man leicht daraus, dass ihre aufeinanderfolgenden Ausbiegungen abwechselnd hoch und tief liegen. Flächenschliffe, welche die Kanälchen senkrecht schneiden, bestätigen es. Beim Senken oder Heben des Tubus rotirt nämlich das Durchschnittsbild des Kanälchens um die Achse seiner Schraubenwindungen.

Mit aller Sicherheit lässt sich an den Querschliffen weiterhin feststellen, dass die Kanälchen ununterbrochen durch die aufeinanderfolgenden Schichten hindurchgehen. Ob dies zwar für alle Kanälchen gilt, ist kaum zu entscheiden; auch habe ich nicht sicher festzustellen vermocht, ob Theilungen der Kanälchen vorkommen, halte dies jedoch wohl für möglich, da man Derartiges in der Pigmentlage häufig beobachtet.

Nach der Ansicht der früheren Beobachter verliefen nun diese Kanälchen in einer nicht weiter strukturirten oder eventuell feinfaserigen Grundsubstanz. Diese Meinung ist unrichtig, wie die Untersuchung passender Stellen der Schliffe bei starker Vergrösserung ergiebt. Zunächst mag jedoch betont werden, dass man den Verlauf der Kanälchen meist auch an den Stellen der Schliffe, die von geschmolzenem

Kanada ganz durchdrungen sind, noch gut sieht und ihn ebenso an Schliffen beobachten kann, die in mit Xylol verdünntem Balsam, in Glycerin oder in Wasser aufgestellt und von diesen Flüssigkeiten ganz durchdrungen sind.

Das im Vorstehenden geschilderte Bild bezog sich nur auf solche Stellen des Querschliffs, wo beim Eindringen des geschmolzenen Balsams ausschliesslich die Kanälchen von Luft erfüllt blieben, die sie trennende Zwischensubstanz dagegen von Balsam ganz durchtränkt wurde. Bei der Durchsicht der Schliffe mit starken Vergrösserungen findet man jedoch häufig Stellen, wo auch die Zwischensubstanz lufthaltig blieb, woraus allein schon folgt, dass sie feine Hohlräumchen enthalten muss, also eine Struktur.

Derartige Stellen erscheinen jedoch insofern wieder verschieden, je nachdem auch die Kanälchen luftgefüllt sind, oder die Lufterfüllung sich nur in der Zwischensubstanz erhalten hat, die Kanälchen dagegen von Balsam erfüllt wurden. Dass letzterer Fall thatsächlich ebensowohl eintreten kann als der umgekehrte, zuerst erwähnte, könnte bei ausschliesslicher Betrachtung der Querschliffe etwas fraglich sein. Da wir jedoch sehen werden, dass die Flächenschliffe diese Thatsache ganz sicher erweisen, so ist nicht daran zu zweifeln, dass das Gleiche auch in den Querschliffen vorkommt. — Wenn nur die Zwischensubstanz zwischen den Kanälchen lufthaltig ist, letztere dagegen von Balsam erfüllt, so ist natürlich, dass die Zwischensubstanz viel schwächer lichtbrechend ist als die Kanälchen und sich daher bei tiefer Einstellung hell gegenüber den dunkleren Kanälchen darstellt (s. Taf. 27 Fig. 6). In der Regel besitzt diese Zwischensubstanz nur etwa die halbe Breite der Kanälchen, die ca. 1,2—1,7 μ dick sind. Genauere Betrachtung der lufterfüllten Zwischensubstanz (s. die Figur 6) zeigt, dass sie aus lauter dichtgedrängten lufterfüllten Hohlräumchen besteht, d. h., sie besitzt einen deutlich wabigen Charakter. Meist besteht sie zwischen je zwei benachbarten Kanälchen oder S ä u l c h e n, wie wir diese aus gewissen Gründen fortan nennen wollen, nur aus einer einzigen Reihe solcher Hohlräumchen; hie und da steigt ihre Breite aber auf zwei Reihen. — Meist tritt an solchen Stellen auch eine besondere Beschaffenheit der Zwischensubstanz auf den Schichtgrenzen hervor, indem diese einmal in eine gewisse Breite nicht selten dunkler, also luftreicher erscheinen als die mittlere Region der Schichten und ferner auf den Grenzen eine bogig-faserige Struktur mehr oder weniger deutlich ist, welche längs den Grenzen hinzieht (vergl. auch die Schnitte Figg. 4 u. 5 Taf. 27). — Wenn so sicher erscheint, dass die Zwischensubstanz zwischen den Säulchen keinen homogenen, sondern einen von feinsten Hohlräumchen durchsetzten, alveolären Bau besitzt, so zeigen auch viele geeignete Stellen, dass das Gleiche ebenso für die Säulchen selbst gilt. Wenn dieselben zwar ganz lufterfüllt sind, hat es den Anschein, dass es sich um einfache, ziemlich weite Kanäle handelt, deren Lumen einheitlich und ohne weitere Struktur ist. An anderen Stellen dagegen und besonders an solchen, wo die Zwischensubstanz lufterfüllt ist, zeigen auch die Kanäle eine Struktur (s. Taf. 27 Fig. 6)[1]. Einmal machen sie häufig den Eindruck, als

[1] An solchen Stellen, wie sie auch die Fig. 6 Taf. 27 zeigt, handelt es sich wahrscheinlich um gleichzeitige Lufterfüllung von Säulchen und Zwischensubstanz; jedoch ist hier nur eine sehr dünne Lage des Schliffs lufthaltig geblieben, wesshalb die feine Struktur in der Zwischensubstanz und den Säulchen erkennbar ist.

bestünde das Säulchen aus mehreren, in langgestreckten Schraubentouren um einander gewundenen, feineren Kanälchen und endlich trifft man auch viele Stellen, wo das Säulchen bei schärfster Einstellung auf den optischen Längsschnitt einen aus mehreren (ca. 3—4) Reihen lufterfüllter Räumchen zusammengesetzten Bau, also eine wabenartige Struktur zeigt. Gleichzeitig hat es nicht selten den Anschein, als wenn in dem wabig strukturirten Säulchen ein feineres zusammenhängendes einheitliches Kanälchen in gestreckten Schraubenwindungen verliefe (s. Fig. 6 Taf. 27).

Diese Erfahrungen weisen also darauf hin, dass auch die scheinbar einfachen Säulchen einen komplizirteren Bau haben, welcher vermuthlich wabenartig ist, wie der der Zwischensubstanz.

Diese Vermuthung bestätigen nun die Bilder der Flächenschliffe, namentlich aber auch die der Flächenschnitte durch die entkalkte und gut gefärbte Hauptschicht, zu deren Betrachtung wir daher übergehen wollen.

Das Bild, welches ein guter, in geschmolzenem Kanadabalsam aufgestellter Flächenschliff darbietet, überrascht durch die Mannigfaltigkeit seines Aussehens, das häufig an nahe benachbarten Stellen verschieden ist. Es fällt auf, dass die früheren Beobachter dieses Umstands sehr wenig gedenken, obgleich er für die Beurtheilung der Struktur gewiss recht wichtig ist und dem Studium viel Schwierigkeiten bereitet. Wie wir schon an den Querschliffen fanden, rührt die Verschiedenheit der Bilder her von der Verschiedenheit der erhaltenen Lufterfüllung in den verschiedenen Bestandtheilen der Lage.

Ist die Zwischensubstanz zwischen den Säulchen von Kanadabalsam ganz durchdrungen, während die Säulchen oder Antheile derselben mit Luft erfüllt sind, so erscheinen letztere bei hoher Einstellung als tief dunkle kreisrunde Querschnitte in eine helle Substanz eingelagert, und bei verschiedener Einstellung des Tubus lässt sich deutlich nachweisen, dass die Säulchen gestreckt schraubig verlaufen (siehe die zerstreuten dunklen Punkte der Figg. 8 Taf. 26 und 10 Taf. 27, welche Querschnitte lufterfüllter Säulchen sind). An solchen Stellen sind in der Regel nur eine Anzahl Säulchen lufterfüllt, während die Mehrzahl von Kanadabalsam durchdrungen ist. Dennoch kann man auch letztere Säulchen in der Zwischenmasse gewöhnlich gut verfolgen, wie Fig. 10 Taf. 27 zeigt. Sie erscheinen bei Einstellungen, welche die lufterfüllten dunkel zeigen, hell. In ihrem Centrum tritt dann ein dunkler Punkt oder eine dunkle Linie hervor, die mit der Peripherie durch einige strahlig ausgehende, zarte Linien verbunden ist. Bei Hebung und Senkung des Tubus lässt sich dies Bild durch grössere Strecken der Schliffdicke verfolgen, woraus hervorzugehen scheint, dass es nicht etwa ein hohes falsches Bild der balsamerfüllten Säulchen ist, hervorgerufen durch hohe Einstellung auf schwächer brechende, von Balsam erfüllte Räume. Auch der erstarrte Kanadabalsam bricht das Licht etwas schwächer als die verkalkte Substanz des Panzers, wie sich an den Schliffrändern leicht feststellen lässt.

Einstweilen scheint es jedoch angezeigt, unser Urtheil über das Bild der von Balsam erfüllten Kanälchen zu vertagen, bis wir weitere Erfahrungen an den Schliffen gesammelt und namentlich auch die Schnitte studirt haben, welche neue Aufklärung geben.

Dieselben Flächenschliffe, deren Aussehen an gewissen Stellen soeben erörtert wurde, zeigen jedoch vielfach Stellen, welche ganz anders erscheinen und zwar

erstreckt sich dies Aussehen häufig über weite Partien des Schliffes. Ein Bild hiervon giebt Fig. 8 Taf. 26 bei schwächerer Vergrösserung (300). Wir erblicken dicht gedrängte polygonale, bis häufig in einer Richtung etwas verlängerte und daher mehr spindelförmige Durchschnitte, die bei hoher Einstellung ganz hell erscheinen, während sie von einer schmalen dunklen Zwischensubstanz getrennt werden. Das Bild erscheint daher wie ein Querschnitt durch dichtgedrängte, stärker lichtbrechende Säulchen, welche durch eine in geringerer Menge vorhandene, schwächerbrechende Zwischensubstanz verbunden sind. Die Art der Zusammenordnung dieser Säulchen ruft meist eine bogig-faserige Zeichnung hervor. Der kleinere Durchmesser der Säulchen beträgt durchschnittlich etwa 1,7 μ, der grössere 2,4 μ; doch ist leicht ersichtlich, dass dies Verhältniss sich an vielen Stellen zu Gunsten des letzteren Durchmessers verändert, da ja viele Säulchen mehr oder weniger schief durchschnitten sein müssen. Es erstaunt mich, dass dies auffallende und häufige Bild der Flächenschliffe von den früheren Beobachtern kaum geschildert wurde; wenigstens kann ich weder in ihren Beschreibungen, noch auf ihren Abbildungen etwas Sicheres davon finden.

Die genauere Untersuchung zeigt nun leicht (s. Fig. 3 Taf. 27 und Fig. 9 Taf. 26), dass die Dunkelheit der Zwischensubstanz zwischen den Säulchen bei hoher Einstellung auf Lufterfüllung beruht und zwar ist auch hier die Luft in zahlreichen feinen Hohlräumchen enthalten, der Bau der Zwischensubstanz also ein feinwabiger. Die Zahl der Hohlräumchen zwischen den benachbarten Säulchen ist sehr gering, beträgt 1—2, selten mehr Reihen.

In welchem Verhältniss stehen nun die in dem erst beschriebenen Bild geschilderten dunkeln runden Querschnitte zu den polygonalen Säulchenquerschnitten des letztgeschilderten? Dies lässt sich vielfach mit Sicherheit feststellen, indem sich an gewissen Stellen hie und da eine theilweise Lufterfüllung der polygonalen Säulchenquerschnitte erhalten hat. In diesen Fällen kann man nachweisen, dass in dem Säulchen ein lufterfüllter Kanal verläuft und das letztere als runder, bei hoher Einstellung dunkler Punkt erfüllt, bis auf eine relativ dünne Aussenzone, die glänzend hell erscheint (siehe einzelne solche lufterfüllte Säulchen auf Fig. 8 Taf. 26 und Fig. 3 Taf. 27). Das Bild der polygonalen Säulchen entsteht daher dadurch, dass diese Säulchenkanäle sammt einer gewissen angrenzenden Partie von Kanadabalsam erfüllt und deshalb stark lichtbrechend sind, während die dünne, wabig gebaute Zwischensubstanz von Luft erfüllt blieb.

Wenn wir nun das letztbeschriebene Bild mit dem des früher geschilderten Querschliffes (s. Fig. 6 Taf. 27) vergleichen und auch die Dimensionen der einzelnen Elemente berücksichtigen, so ergiebt sich wohl bestimmt, dass das, was wir bei letzterem als Zwischensubstanz beschrieben, die ja auch häufig alveolär lufterfüllt ist, dem entspricht, was auch als lufterfüllte Zwischensubstanz zwischen den Säulchen der Flächenschliffe gefunden wurde. Daraus folgt weiter, dass die Säulchen der Flächenschliffe im Allgemeinen dem gleichzustellen sind, was wir auf den Querschliffen als Kanälchen oder Säulchen bezeichneten. Dies stimmt ja auch insofern mit den Befunden an den Querschliffen überein, als wir nicht selten in deren Säulchen noch eine dunklere, lufterfüllte, schraubenförmige feinere Kanalbildung erkannten und weiterhin auch auf den Querschliffen die Dimensionen der

anscheinenden Kanälchen sehr verschieden sind, indem bald das ganze Säulchen lufterfüllt erscheint und das anscheinende Kanälchen dann relativ breit, bald jedoch nur das eigentliche Kanälchen in den Säulchen lufterfüllt ist. Ich muss jedoch besonders betonen, dass ja die Bilder in mannigfachster Hinsicht wechseln müssen, da sie eben auf der wechselnden Lufterfüllung beruhen.

Auf den letztgeschilderten Bildern der Flächenschliffe, welche die Säulchen so deutlich und von Kanada ganz erfüllt zeigen, ist von einer feineren Struktur der Säulchen meist nichts zu erkennen, was überrascht, da wir ja an den mit Kanada erfüllten Säulchen der erst geschilderten Stellen der Flächenschliffe gewöhnlich eine feinere Struktur beobachteten (s. Fig. 10 Taf. 27).

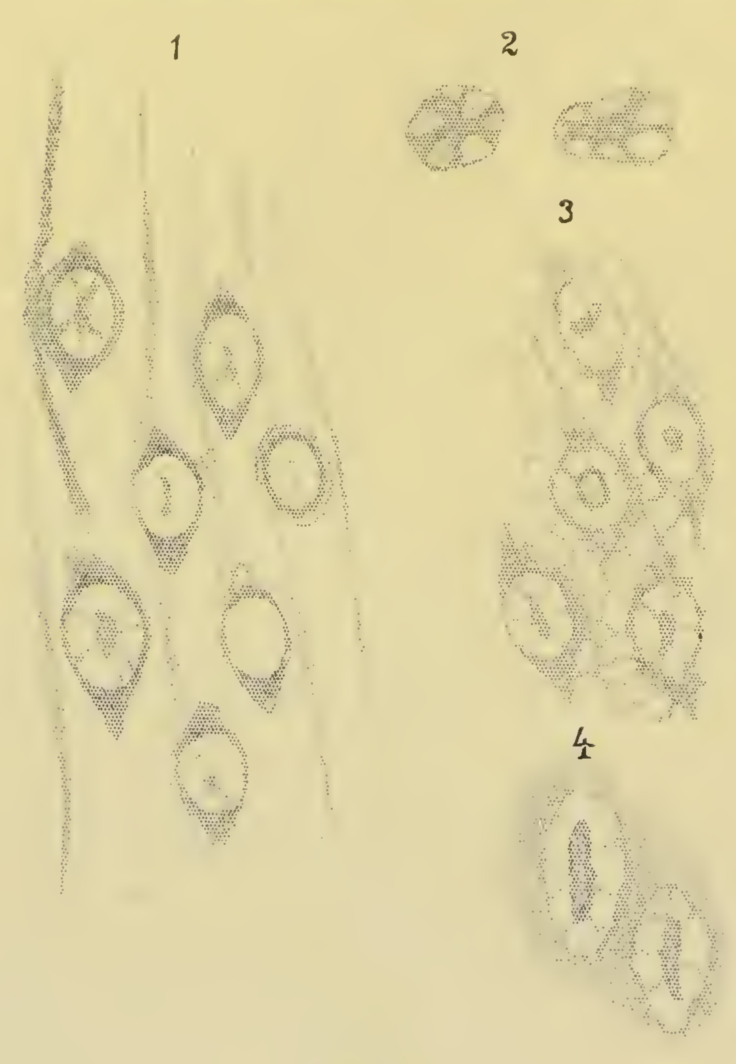


Fig. 91.

Astacus fluviatilis. Chitinpanzer. Feine Flächenschliffe durch die Hauptlage. 1. In geschmolzenem Kanadabalsam eingebettet; sowohl die Zwischensubstanz wie die Säulchenkanäle von Balsam durchdrungen, dagegen die periphere Partie der Säulchen lufterfüllt und daher bei der hohen Einstellung dunkel. In der Zwischensubstanz nur Andeutung von Faserstruktur. — 2. Säulchenkanäle aus einem ähnlichen Präparat, die lufterfüllt sind, während die übrige Substanz des Schnittes ganz von Balsam durchdrungen war. Tiefe Einstellung auf die Unterseite des Schliffs. — 3 u. 4. In Glycerin eingebettet und davon durchdrungen. 3. Einstellung tief auf die Unterseite des Schliffs; sowohl die wabige Struktur der Zwischensubstanz als die Strukur der Säulchen und ihrer Kanäle deutlich. — 4. Zwei Säulchenquerschnitte (wie 3) tief eingestellt. Ueberall Obj. 2. Oc. 12.

Mit den besprochenen Bildern ist jedoch die Mannigfaltigkeit der Erscheinung solcher Flächenschliffe keineswegs erschöpft; wir finden häufig noch ein drittes, sehr charakteristisches Bild, dessen Schilderung jetzt folgen soll. In diesem Fall (siehe nebenstehende Textfig. 91 1) finden wir streckenweise wieder die Querschnitte der mehr oder weniger spindelig gestalteten Säulchen in ihrer charakteristischen bogigen Zusammenordnung, eingelagert in die hier bei hoher Einstellung helle und stark lichtbrechende, also von Balsam durchtränkte Zwischensubstanz. Die Säulchen selbst zeigen folgendes eigenthümliche Aussehen (s. die Fig. 91 1). Die beiden Pole ihres bald mehr ovalen, bald mehr spindelförmig zugespitzten Querschnitts erscheinen bei hoher Einstellung tief dunkel, sind daher von Luft erfüllt, wogegen der mittlere ansehnlichere Theil bei dieser Einstellung als ovales Gebilde hellglänzend hervortritt, also wie die Zwischensubstanz von Balsam durchtränkt ist. Nicht immer sind die beiden Pole des Querschnitts in ganzer Ausdehnung tief dunkel; häufig ist der eigentliche zugespitzte Theil weniger dunkel und wird dann durch ein tief dunkles Querband von dem mittleren hellen Theil abgegrenzt. Dieses dunkle Querband, resp. auch der völlig dunkle Pol setzten sich um den mittleren Theil des Querschnitts

als zarte dunkle Umrandung fort. Bei tiefer Einstellung solcher Querschnitte, d. h. möglichst auf die untere Grenzfläche des Schliffs, kehrt sich das Bild natürlich um, die Pole werden hell, der mittlere Theil dunkel; letzterer ist nun in der Regel deutlich von einem etwas breiteren hellen Saum umzogen, der gelegentlich Andeutungen strahliger, ihn durchsetzender zärtester Bälkchen aufwies.

Die Erklärung dieser Bilder dürfte sich auf Grundlage des früher Erkannten in folgender Weise ergeben. Zunächst erweisen die Bilder eine feinere Zusammensetzung der anscheinend homogenen Säulchen der früher beschriebenen Bilder. Es dürfte keinem Zweifel unterliegen, dass die bei hoher Einstellung helle mittlere Partie der Säulchen dem vorhin (p. 351) erwähnten Säulenkanälchen entspricht, welches wir zuweilen lufterfüllt das Säulchen durchsetzen sahen. Sowohl die Gestalt als die Dimension dieser hellen Partie des Querschnitts sprechen dafür. Demnach erklären sich die vorliegenden Bilder derart, dass an diesen Stellen sowohl die Zwischensubstanz zwischen den Säulchen als auch das Kanälchen in den Säulchen von Balsam erfüllt sind, während sich die übrige peripherische Substanz der Säulchen völlig oder theilweise lufterfüllt erhielt.

Bei genauerem Zusehen beobachtet man jedoch an den geschilderten Stellen häufig noch weitere feine Strukturen. Einmal zeigt die von Balsam durchtränkte Zwischensubstanz bei hoher und bei tiefer Einstellung vielfach deutlich feinfaserige Strukturen (s. die Textfig. 91 1 und 3). Ferner bietet auch die dem Kanälchen entsprechende mittlere Partie der Säulchen nicht selten, und zwar sowohl bei hoher Einstellung (s. Textfig. 91 1) als bei tiefer, eine Struktur, welche im Allgemeinen so erscheint, dass von einem centralen dunkleren Punkt oder einem stäbchenartigen Gebilde einige Bälkchen gegen die Peripherie ausstrahlen. Bei der hohen Einstellung, wie sie Textfig. 91 1 zeigt, darf es jedoch etwas fraglich erscheinen, ob die Struktur der mittleren Partie oder des Säulenkanälchens wirklich hoch eingestellt ist. Bei den schwierigen Verhältnissen, welche noch durch den schraubigen Verlauf der Säulchen und ihrer Kanälchen komplizirt werden, ist dies äusserst schwer festzustellen. Ich neige der Ansicht zu, dass auch auf dieser Figur, trotz der hohen Einstellung der lufterfüllten peripheren Säulchenpartie, die Struktur der Säulenkanälchen bei tiefer Einstellung, also richtig gesehen wird.

Die geschilderten Erfahrungen weisen demnach auf einen feineren Bau der Säulchen hin, welchen wir schon früher (s. oben p. 349 und p. 350) auf Quer- und Flächenschliffen angezeigt fanden.

Diese Vermuthung wird auch bei genauerem Studium solcher Stellen der Flächenschliffe bestätigt, wo allein die Säulchenkanälchen lufterfüllt erscheinen, wie wir sie oben p. 350 schilderten. Die genaue Untersuchung der lufterfüllten Kanälchen bei tiefer Einstellung, d. h. bei möglichster Senkung des Tubus, so dass die Querschnitte der Kanälchen hell erscheinen, ergiebt ganz ähnliche Bilder eines zusammengesetzten Aufbaues, wie wir ihn an den soeben geschilderten Stellen fanden. Die Textfigg. 91 2 zeigen dies sehr deutlich. Dabei ist namentlich Folgendes besonders eigenthümlich. Unter den Räumchen oder sekundären Kanälchen, aus welchen bei dieser Einstellung der Querschnitt des Kanälchens zusammengesetzt erscheint, tritt gewöhnlich eines durch grössere Helligkeit besonders scharf und deutlich hervor und lässt sich auch bei Heben und Senken des Tubus gut verfolgen. Dies

erinnert lebhaft an die Befunde der Querschliffe, auf denen hier und da in den Säulchen ein solch' feineres Kanälchen, oder auch zuweilen mehrere, besonders deutlich hervorstachen.

Wir kommen endlich zu Stellen der Flächenschliffe, welche wiederum ein anderes Bild zeigen, das zweifellos nur davon herrührt, dass die Durchtränkung mit Balsam und die Lufterfüllung wieder etwas anders sind. An diesen Stellen sind bei hoher Einstellung glänzende Querschnitte von stärkerer Lichtbrechung in eine dunklere, schwächer brechende Substanz dicht alternirend eingelagert. Die genauere Untersuchung ergiebt, dass die schwächerbrechende Substanz lufthaltig und feinwabig-faserig ist. Die Erklärung dieses Bildes würde sich leicht in der Weise ergeben, dass hier allein die Säulchenkanäle von Balsam erfüllt sind, die gesammte übrige Substanz dagegen lufthaltig ist. Dem widerspricht jedoch der ziemlich verschiedene Durchmesser dieser stärkerbrechenden Durchschnitte (der bis zu 2,3 μ ansteigt und bis zu dem der Kanälchen, ca. 1,2 μ, sinkt); woraus zu folgen scheint, dass es sich hier um Stellen handelt, wo theils die Säulenkanälchen allein von Kanada erfüllt und daher stark lichtbrechend geworden sind, theils dagegen die Erfüllung sich auch bis auf die gesammten Säulchen ausgedehnt hat. — Bei tiefer Einstellung erscheinen, die hellen von Balsam erfüllten Gebilde natürlich dunkel, die lufterfüllte umgebende Substanz dagegen hell; auch kann man bei dieser Einstellung nicht selten in den balsamerfüllten Säulchen oder Kanälchen eine feine wabenartige Struktur erkennen.

Untersuchung dünner Flächenschliffe in Glycerin. Wenn man dünne, gut gereinigte Flächenschliffe in Glycerin überführt, so erhält man Bilder, welche im Allgemeinen ganz den seither geschilderten entsprechen und daher ihre Richtigkeit bestätigen.

Obgleich sich nicht vollkommen sicher zeigen lässt, dass beim Einlegen in Glycerin sämmtliche Luft aus den feinen Hohlräumchen der Schliffe verdrängt wird, so ist dies doch in hohem Grade wahrscheinlich, da ja schon verdünnter Kanadabalsam die Lufterfüllung meist völlig vertreibt.

Zum Beleg für das Angegebene verweise ich hier nur auf einige Abbildungen, deren volles Verständniss jedoch erst durch die Schilderung der Flächenschnitte gegeben wird. Fig. 9 Taf. 27 zeigt die Photographie einer dünnen Stelle eines Flächenschliffs in Glycerin, auf der man deutlich die faserig-alveoläre Bildung der Zwischensubstanz erkennt, leider auf der Reproduktion nicht so klar, wie auf der Originalphotographie. Die dunkeln, regelmässig zerstreuten Punkte sind die Querschnitte der Säulchenkanälchen, welche bei der gewählten Einstellung sämmtlich hoch und daher dunkel gesehen werden. Dass dies schwächere Brechen der Kanälchen jedoch nicht auf Lufterfüllung, sondern nur auf ihrer reichlichen Erfüllung mit Glycerin, d. h. einem lockeren Bau beruht, geht deutlich aus dem Vergleich mit Fig. 10 Taf. 27 hervor, die von einem im geschmolzenem Kanada befindlichen Präparat herstammt und nur wenige Kanälchen lufterfüllt zeigt, wogegen es sicher ist, dass in Fig. 9 alle Kanälchen ganz dasselbe optische Verhalten darbieten. — Die Umrisse der spindelförmigen Querschnitte der Säulchen treten auf Photographie 9 leider nur an wenigen Stellen deutlich hervor, dagegen, wie bemerkt, die faserig-alveoläre Beschaffen-

heit der Zwischensubstanz, die trotz der hohen Einstellung der Säulchen tief eingestellt erscheint.

Wenn man an einem derartigen Präparat auf die untere Grenzfläche tief einstellt, so dass auch die Kanälchen tief und hell erscheinen, so erhält man das auf Textfig. 91 3 dargestellte Bild, welches in allen wesentlichen Punkten mit dem einem Kanadapräparat entnommenen Bild Textfig. 91 1 übereinstimmt. Gegenüber diesem ist es nur insofern vollständiger, als es auch die Struktur der Zwischensubstanz zeigt, die in 1 nur spurenweise angedeutet ist. Da in dem glycerinerfüllten Präparat der Fig. 3 bei tiefer Einstellung die peripheren Theile der spindelförmigen Säulchen ebenfalls dunkel erscheinen, wie bei Fig. 1 (Balsam) in hoher Einstellung, was wir auf Lufterfüllung zurückführten, so ergiebt sich als wahrscheinlich, dass diese Partien an und für sich dichter strukturirt sein dürften als die übrigen.

Die Struktur der Kanälchenquerschnitte zeigt Fig. 3 (Glycerin) ebenso wie Fig. 1 (Balsam), nur deutlicher; die beiden Kanälchenquerschnitte Fig. 4 lassen wahrnehmen, dass der centrale dunkle Punkt nicht selten auch ausgesprochen stäbchenartig erscheint.

S c h n i t t e d e r e n t k a l k t e n H a u p t l a g e bestätigen im Allgemeinen durchaus die an den Schliffen gewonnenen Erfahrungen und geben noch eine Reihe weiterer Aufschlüsse. Nur die Untersuchung sehr stark gefärbter Schnitte in Wasser ermöglicht es jedoch, in die feineren Bauverhältnisse einzudringen; wobei die Anwendung der stärksten Vergrösserungen (Obj. 2 m und Oc. 18 Zeiss) nothwendig ist.

Beginnen wir mit den Flächenschnitten durch den Panzer der Scheere oder des Beines, so ist zu betonen, dass es kaum möglich ist, auf grössere Strecken ganz genaue Flächenschnitte durch die Hauptlage zu erhalten, was ja für die Flächenschliffe in gleicher Weise gilt. Da der Verlauf der Schichten nicht ganz regelmässig und der ganze Panzer mehr oder weniger gekrümmt ist, so werden einzelne Schichten nur auf geringe Ausdehnung flächenhaft geschnitten sein, und daneben benachbarte, annähernd flächenhafte, sehr schief getroffene Schichten folgen. Gehen wir von solchen, sehr schief getroffenen Schichten aus, so zeigen dieselben zunächst folgendes Bild (Taf. 27, Figg. 1 hoch V. 300 und 2 tief V. 740).

Ihre Substanz ist durchsetzt von dicht angeordneten, im Allgemeinen alternirend gestellten, bei tiefer Einstellung hellen, anscheinenden Hohlräumchen von spindelförmiger Gestalt. Demnach bildet die eigentliche, ziemlich tief gefärbte Substanz ein balkenartiges Gerüstwerk, dessen Bälkchen wesentlich in zwei, sich schief kreuzenden Richtungen etwas geschwungen verlaufen und die Hohlräumchen zwischen sich frei lassen. Die genauere Betrachtung lehrt jedoch leicht, dass es sich nicht um zwei Bälkchensysteme faseriger Natur handelt, die sich in schiefer Richtung kreuzen, sondern dass die Bälkchen anastomosiren, also ein zusammenhängendes Gerüstwerk bilden. Die Hohlräume und die sie umgrenzenden Bälkchen haben eine charakteristische Anordnung, sie bilden geschwungene Bogensysteme, die in gewissen Entfernungen in untereinander parallelen Linien zusammenstossen (Taf. 27 Fig. 1), indem die bogigen Züge von jeder Seite längs dieser Linien einbiegen. Fig. 1, obgleich nur eine kleine Partie eines Flächenschnitts darstellend, wird diese Anordnung des Gerüstwerkes verständlicher machen als die wörtliche Beschreibung vermag.

Ich war lange geneigt, diese eigenthümlichen Bogensysteme des Gerüstwerks der

Flächenschnitte, welche ja den Eindruck einer durch dieselben hindurchgehenden Schichtung hervorrufen, ausschliesslich auf schiefe Schnittführung zurückzuführen; so dass jedes der Bogensysteme einem schiefen Durchschnitt durch eine Schichte der Hauptlage entspräche und ebenso die Längszüge auf den Grenzen der Bogensysteme den mit g bezeichneten Grenzzügen der Schichten des Querschnitts (s. Fig. 4 u. 5 Taf. 27). Genauere Ueberlegung der Verhältnisse machte dies jedoch unwahrscheinlich und das Studium der Pigmentlage, deren Flächenschliffe oder -schnitte ähnliche Bogensysteme zeigen, gab schliesslich die sichere Ueberzeugung, dass diese Strukturverhältnisse nicht von schiefer Schnittführung herrühren, sondern auch auf dem reinen, sicheren Flächenschnitt existiren. Ob die Bogensysteme der Flächenschnitte nicht eine gewisse Verschiedenheit in verschiedenen Regionen oder Tiefen der Hauptlage darbieten, ob namentlich nicht Flächenschnitte durch die Mitte und solche durch die Grenzregion der Schichten gewisse Unterschiede zeigen, will ich dahingestellt sein lassen. Bemerkenswerth erscheint jedoch, dass der Verlauf der Bogenzüge in einem und demselben Flächenschnitt bei Einstellung auf verschiedene Höhen des Schnittes variirt.

Die Balkendicke des Gerüstwerks wechselt sehr; während einzelne Balkenzüge bis zu 1,7 μ erreichen, finden sich Abstufungen bis zu solchen, welche auch bei den stärksten Vergrösserungen nur als feine Fasern erscheinen und deren Dicke deshalb nicht mehr genau feststellbar ist (s. Taf. 27 Fig. 7—8). Auch zeigen Flächenschnitte aus verschiedenen Höhen der Hauptlage hinsichtlich der Dicke des Balkenwerks ziemliche Verschiedenheiten, theils relativ dickes Balkenwerk und kleinere Hohlräumchen, theils das umgekehrte. Es scheint mir, dass die Dicke der Balken sich in den tieferen Schichten vergrössert, worauf auch die Querschnitte hinweisen.

Die Deutung des geschilderten Bildes der Flächenschnitte scheint bei Berücksichtigung der Erfahrungen an den Schliffen nicht allzu schwierig. Von vornherein ist zweifellos, dass die spindelförmigen Hohlräumchen den früher auf den Flächenschnitten gefundenen Säulchen entsprechen; dies geht aus der Uebereinstimmung des Bildes der Flächenschnitte mit dem derjenigen Flächenschliffe hervor, auf welchen die Zwischensubstanz allein lufterfüllt ist (s. Taf. 27 Fig. 3). Auch stimmen die Dimensionen der spindelförmigen Hohlräumchen der Schnitte recht genau mit denen der Säulchen überein. Demnach entspricht das stark gefärbte Balkenwerk der Zwischensubstanz zwischen den Säulchen. Letzteres wird ferner dadurch bestätigt, dass dies Balkenwerk an günstigen Stellen völlig die Strukturverhältnisse zeigt, welche wir schon an den Flächenschliffen in der Zwischensubstanz beobachteten. Zunächst findet man häufig eine deutlich faserige Struktur des Balkenwerks (s. Fig. 8 Taf. 27), welche auch schon auf den Flächenschliffen angedeutet war (s. Textfig. 95 1 u. 3 p. 354). Im Allgemeinen zieht diese Faserung in der Längsrichtung der Balkenzüge; doch lässt sich vielfach nachweisen, dass auch sie eine schiefkreuzige, in der Richtung der schiefen Kreuzung der Balkenzüge ist (vergl. Fig. 8). Weiterhin kann man oft sehen, dass die feineren Balkenzüge in die Fasern der dickeren direkt übergehen.

An besonders günstigen dünnen Stellen ist jedoch auf das Bestimmteste zu erkennen, dass das Balkenwerk eine feinwabige Struktur besitzt und dass die oben erwähnte Faserung nur daher rührt, dass gewisse Züge der Wabenstruktur deutlicher

hervortreten, während die übrige Struktur des Balkenwerks unkenntlich ist (s. Fig. 7, Taf. 27 Vergr. 3000). Diese Wabenstruktur des Balkenwerks stimmt demnach vollkommen mit dem überein, was uns die Flächenschliffe über die Struktur der lufterfüllten Zwischensubstanz lehrten (vergl. Fig. 9 Taf. 26 u. Figg. 3 u. 9 Taf. 27). Nur an den feinsten Zügen des Balkenwerks ist eine Wabenstruktur nicht zu erkennen und wohl auch nicht vorhanden. Im Allgemeinen scheint mir, dass namentlich solche Partien des Balkenwerks, welche etwas gezerrt wurden, die Wabenstruktur deutlich zeigen. Dies würde recht wohl mit dem übereinstimmen, was wir früher über das Hervortreten der Strukturen gedehnter Gelatinefäden fanden (s. oben p. 176 ff.).

Die genaue Untersuchung der Flächenschnitte zeigt bald, dass auch die anscheinend leeren Hohlräumchen der Säulchen nicht einfache Lumina sind, sondern eine feinere Struktur enthalten. Zunächst fällt an vielen Stellen auf, dass im Centrum jedes Räumchens ein stark gefärbter, dunkler, etwas unregelmässiger Punkt sich findet, oder zuweilen auch zwei, die in der Längsrichtung des spindelförmigen Querschnitts hinter einander liegen (s. Figg. 8 und 7 Taf. 27). Noch häufiger liegt in der Längsrichtung der Spindel ein dunkelgefärbtes, aus einigen Knötchen zusammengesetztes stäbchenartiges Gebilde. Heben und Senken des Tubus verräth, dass der Punkt oder das stäbchenartige Gebilde in Form einer schraubenartig verlaufenden Faser durch das Säulchen aufsteigt. Mehr oder weniger deutlich lässt sich ferner erkennen, dass von diesem Centralgebilde des Säulchens feinste blasse Bälkchen, die äusserst schwach gefärbt sind, zur Säulchenwand ziehen (s. die Figg. 7 u. 8). Fast an allen Stellen, wo die Centralfaser der Säulchen deutlich zu sehen ist, lassen sich auch Andeutungen der letzterwähnten Struktur wahrnehmen; nur selten begegnet man jedoch Stellen, wo sie besonders deutlich hervortritt, wie es z. B. Fig. 7 Taf. 27 zeigt. Es ist dies die gleiche Stelle, an welcher auch die Struktur des Balkenwerks sehr klar erscheint.

Auch die eben geschilderten Erfahrungen harmoniren sehr gut mit den an den Flächenschliffen gewonnenen; nur war es mir nie möglich, auf den Schnitten der Säulchen hinreichend deutlich etwas von dem Säulenkanälchen zu sehen, welches auf den Schliffen vielfach so bestimmt hervortrat. Im Allgemeinen zeigt also auch der Inhalt der Säulchen auf den Flächenschnitten eine Wabenstruktur. Dieselbe ist nur, abgesehen von den Centralfasern, äusserst fein und daher auch sehr blass, demnach besonders schwierig wahrzunehmen. Die stärkere Färbbarkeit der wabigen Substanz der Balkenzüge beruht jedenfalls darauf, dass die Wände ihres Wabenwerks bedeutend dicker und gröber sind.

Auf eine Schwierigkeit möchte ich hier noch besonders hinweisen. Der schraubig gewundene Verlauf der Säulchen macht es fast unmöglich, reine dünne Querschnitte von ihnen zu erlangen; selbst an den dünnsten steigen die Säulchen stets etwas schief durch den Schnitt empor. Dies erfordert sehr genaue, aufmerksame Untersuchung der Säulchenstruktur, um eventuellen Täuschungen durch die Struktur der schief auf- oder untergelagerten Balkenzüge zu entgehen.

Eine Erörterung bedürfen noch diejenigen Stellen der Flächenschnitte, auf welchen die Säulchen scheinbar ganz leere Hohlräume ohne jede innere Struktur sind. Hierüber dürften wohl besondere Verhältnisse Aufklärung geben, wie sie an den Querschnitten häufig anzutreffen sind. Dort sieht man nämlich an Rissstellen

innerhalb der Schichten fast immer, dass der Inhalt der Säulchen, speziell die Centralfaser, herausgerissen ist und dann einem Rand des Risses frei anhängt. Namentlich bei künstlicher Zertrümmerung der Querschnitte bekommt man dies oft zu sehen. Auch an den Flächenschnitten bemerkt man häufig, dass die Centralfasern der Säulchen über die Schnittfläche ein Stück weit herausragen. Nach diesen Erfahrungen halte ich es für sehr wahrscheinlich, dass der gelegentliche Mangel jeglicher innerer Struktur der Säulchen an gewissen Stellen darauf beruht, dass hier der Inhalt durch die Wirkung des Messers beim Schneiden herausgerissen wurde.

Viel schwieriger ist es, die Verhältnisse der Querschnitte aufzuklären, obgleich sich die wesentlichen Theile der Flächenschnitte auch an den ersteren leicht wiedererkennen lassen. Ein Querschnitt durch die Scheere zeigt zunächst die schon auf dem Querschliff beobachtete Schichtung sehr deutlich. Klarer wie auf den Querschliffen tritt auf den Schnitten die abweichende Struktur der Schichtengrenzen hervor, welche die Erscheinung der Schichtung eigentlich bedingt (s. g Figg. 4 und 5 Taf. 27). Betrachten wir zuerst die mittlere Partie der Schichten (s. Figg. 4 und 5 Taf. 27). Diese erweist sich aufgebaut aus senkrecht und parallel geordneten länglichen, stark gefärbten Stücken von schwach bogigem Verlauf und recht wechselnder Dicke. (Vergl. namentlich auch Textfigur 92 z). Diese Stücke durchsetzen entweder die ganze Dicke der Schicht, enden jedoch in der Grenzregion beiderseits abgerundet oder zugespitzt; so ist es namentlich meist an den dünneren Schichten; oder es sind in der Dicke der Schicht mehrere derartige Stücke über einandergereiht, wie es in den dickeren Schichten gewöhnlich hervortritt. (s. Textfig. 92). Vermuthen möchte ich, dass diese Stücke auch in den dickeren Schichten durch die ganze Dicke hindurchgehen, dass es jedoch wegen ihres etwas bogigen und wahrscheinlich auch schraubigen Verlaufs nicht leicht ist sie auf dem Schnitt in ganzer Ausdehnung zu erhalten. Zwischen den erwähnten Stücken (z) bleiben hellere, wellig geschlängelte Zwischenräume, in welchen man schon wegen ihres welligen Verlaufs leicht die Säulchen wiederkennt. Jeden dieser hellen Zwischenräume durchzieht eine dunkle starkgefärbte faserartige Bildung (Textfig. 92 cf), in der man ohne Schwierigkeit die Centralfaser der Säulchenquerschnitte erblickt. Hieraus ergiebt sich bestimmt, dass die dunkleren bogigen Stücke dem Balkenwerk der Flächenschnitte entsprechen müssen.



Fig. 92.

Astacus fluviatilis. Chitinpanzer. Hauptlage. Querschnitt, stark mit Eisenhämatoxylin gefärbt; in Wasser (vergl. Taf. 27, Figg. 4—5). Kleine Partie, etwa eine Schichte umgreifend, mit den beiden anstossenden Grenzregionen. cf. die Centralfasern der Säulchen; z die sogen. Stücke der Zwischensubstanz. Obj. 2. Oc. 18. Einstellung auf Struktur tief.

An günstigen dünnen Stellen beobachtet man deutlich, dass die bogigen Stücke feinwabig strukturirt und durchschnittlich 1—3 Wabenreihen dick sind (s. Figg. 4—5 Taf. 27 und Textfig. 92 z). Eigenthümlich ist jedoch, dass die hellen Säulchen mit ihren Centralfasern auf den Querschnitten stets relativ schmal erscheinen, gegenüber ihren Querschnitten auf den Flächenschnitten. Es mag dies zum Theil darauf beruhen, dass man auf den Querschnitten eigentliche Längsschnitte durch die Säulchen kaum zu Gesicht bekommt, da die Schnitte hierzu zu dick sind, und man daher, wegen der Umfassung durch die Substanz des Balkenwerks, die richtige Breite der Säulchen schwierig zu beurtheilen vermag. Bei schärfster Einstellung auf die Centralfasern der Säulchen erhält man stets den Eindruck, dass diese Gebilde auch hier durch sehr zarte blasse Fädchen oder Bälkchen mit dem benachbarten, dunkler gefärbten Balkenwerk (den oben geschilderten bogigen Stücken z) zusammenhängen (s. die Figuren).

Gehen wir nach dieser kurzen Schilderung des Bildes der mittleren Partie zur Grenzregion zweier benachbarter Schichten über (g), so sehen wir diese stets dadurch ausgezeichnet, dass sie in einer gewissen Breite von einer feinfaserigen Zone gebildet wird, deren Faserung entlang der Grenzfläche streicht (s. Figg. 4—5 Taf. 27). Man bemerkt zunächst, dass sich die geschilderten bogenförmigen Stücke des Balkenwerks der Zwischensubstanz zweier benachbarter Schichten bogig und in gleichem Sinne etwas gegen die Grenzregion krümmen. An vielen Stellen kann man ferner bestimmt sehen, dass von den Enden dieser Stücke Fasern entspringen, welche bogig in die Fasermasse der Grenzregion einbiegen und diese wenigstens zum grossen Theil erzeugen (s. auch Textfig. 92).



Fig. 93.

Astacus fluviatilis. Chitinpanzer. Hauptlage. Querschnitt; stark mit Eisenhämatoxylin gefärbt. Grenzregion zweier Schichten; nur die Centralfasern der Säulchen eingezeichnet, die Zwischensubstanz weggelassen (nur links oben zwischen h—h schematisch angedeutet). m durch die Grenzregion durchgehende Centralfasern; h u. t höhere und tiefere Centralfasern, welche sich in der wabigen Fasermasse der Grenzregion auflösen. Obj. 2. Oc. 18.

Eigenthümlich ist das Verhalten der Centralfasern der Säulchen und demnach auch der Säulchen selbst zu der Grenzregion. Einestheils sieht man in gewissen Ebenen die Centralfasern durch die faserige Grenzregion hindurchtreten und in die nächstfolgende Schicht deutlich fortsetzen (s. die Figg. 4—5). Dabei ist noch das Auffallende zu beobachten, dass die Centralfasern in der Grenzregion gewöhnlich breiter und doppelt konturirt werden. Ueber und unter dieser Ebene der Durch-

gangsfasern folgt jedoch je eine andere, in der die Centralfasern, an der Grenzregion angelangt, in diese Einbiegen, indem sie sich in zwei bis mehrere Fasern auflösen, die sich der Fasermasse der Grenzregion beimischen und sich darin verlieren. Auf Textfigur 93 ist dies angedeutet, indem die Centralfasern m einer mittleren Schicht angehören, die mit h bezeichneten der nächst höheren und die mit t bezeichnenet der nächst tieferen. In vereinzelten Fällen liess sich jedoch sicher nachweisen, dass auch von den durchtretenden Centralfasern Fasern abgehen, welche sich der Fasermasse der Grenzregion beimischen (s. die Fasern m in Textfig. 93 u. Textf. 94 7). Diese Erfahrungen wurden namentlich an fein zertrümmerten Querschnitten gewonnen, an welchen hie und da kleine Partien der Fasermasse der Grenzregion sammt zahlreichen anhängenden Centralfasern isolirt waren. An solchen Trümmern lässt sich bestimmt feststellen, dass diese Fasermasse nicht aus isolirten Fasern besteht, sondern aus vielfach netzig zusammenhängenden und dass sie daher wohl eine wabig gebaute Substanz ist. Dafür spricht auch ihr Aussehen im lufterfüllten Zustand an Querschliffen, das wir oben p. 349 besprachen.



Fig. 94.

Astacus fluviatilis. Chitinpanzer. Hauptlage. Aus zerklopften, mit Eisenhämatoxylin stark gefärbten Querschnitten. In Wasser. Obj. 2. Oc. 18. 1—3 u. 6 isolirte Centralfasern der Säulchen, z. Th. mit faserigen Anhängen; in 3 u. 6 auch der Querschnitt der bandartigen Faser sichtbar. — 4 Centralfaser, z. Th. noch von der röhrenartigen Zwischensubstanz umgeben. — 5 einige Centralfasern die an einer Rissstelle aus der Zwischensubstanz hervorragen, die eine mit zahlreichen faserigen Anhängen. — 7 Fragment aus der Grenzregion der Schichten (s. Textfig. 92 u. 93), mit zwei Centralfasern mit Anhängen. Einstellung auf Struktur überall tief.

An derartig zertrümmerten Querschnitten isoliren sich die Centralfasern der Säulchen recht leicht, da sie jedenfalls fester und widerstandsfähiger sind als das Balkenwerk der Zwischensubstanz; an zerrissenen Schnitten sieht man häufig zahlreiche Centralfasern frei hervorragen und kann ihre Beschaffenheit im isolirten

Zustand gut studiren. Dabei ergiebt sich, dass die Fasern keine drehrunden Gebilde sind, sondern bandartig abgeplattete (s. Textfig. 93 1—5). Diese Beschaffenheit lässt sich an den isolirten Fasern häufig klar feststellen, ist jedoch auch an den Flächenschnitten oft gut zu erkennen, beim Verfolgen der Centralfaserquerschnitte durch Heben und Senken des Tubus. Dabei zeigen die isolirten Centralfaserbänder fast stets eine eigenthümliche schraubige Verdrehung, die wohl mit dem schraubenförmigen Verlauf der Säulchen überhaupt zusammenhängen dürfte (s. Textfig. 94 1, 4). Auch die Querschnitte isolirter Fasern sind manchmal zu sehen und machen dann nicht immer den Eindruck ganz solider Körper, wie dies auf den Flächenschnitten meist der Fall schien (siehe die Textfigur 94 3 und 6).

Mit besonderer Sorgfalt wurde darauf geachtet, ob sich an den isolirten Centralfasern Anzeichen faseriger Anhänge finden, welche sich auf die Bälkchenverbindungen beziehen lassen, die man auf Flächenschnitten von den Centralfasern zum Gerüst der Zwischensubstanz ziehen sieht. In den meisten Fällen war es unmöglich an den isolirten Fasern etwas derartiges wahrzunehmen. Dennoch habe ich einige wenige beobachtet, von denen stellenweise äusserst feine und zarte kurze Fortsätze entsprangen (s. die Textfig. 94 1, 2, 5, 7), weshalb ich diese Funde für eine Bestätigung der Beobachtungen an den Flächenschliffen und -schnitten erachten darf.

An den geschilderten Zertrümmerungspräparaten der Quer- und Flächenschnitte sieht man nicht selten isolirte Partien des Balkenwerks der Zwischensubstanz. Diese Partien haben dann gewöhnlich einen röhrenartigen Charakter (Textfig. 94 4), was erklärlich ist, da jedes Säulchen ja wie von einer Röhre der Zwischensubstanz umhüllt wird. Gelegentlich kann man sogar noch eine Centralfaser finden, welche ein isolirtes Röhrchen der Zwischensubstanz durchzieht und aus ihm frei hervorragt (s. die Fig. 94 4). An solch' isolirten Partien der Zwischensubstanz, die in seitlicher Ansicht zu sehen sind, kann man sich überzeugen, dass die Zwischensubstanz gleichfalls einen faserigen Bau besitzt, indem die Wand des Röhrchens fein querfaserig erscheint (s. Textf. 93 4). Genaues Zusehen zeigt jedoch wieder, dass keine reine Querfaserung, sondern eine faserig-netzige Struktur vorliegt, wie sie dem auf Quer- und Längsschnitten gefundenen Wabenbau der Zwischensubstanz entspricht.

b) Die Pigmentlage.

Fast noch grössere Schwierigkeiten als die Hauptlage bietet die Ermittelung der feinen Struktur der Pigmentlage. Da die Schliffe der verkalkten Lage je nach der Lufterfüllung sehr wechselnde Bilder geben, so scheint es geeigneter, die Schnitte an erster Stelle zu erörtern, da wir hierfür schon eine gewisse Grundlage durch die Untersuchung der Hauptlage gewannen. Zunächst mag betont werden, dass die Hauptlage ganz direkt in die Pigmentlage übergeht, wenn auch an Schliffen und Schnitten häufig eine Art hellerer, substanzärmerer Grenzschicht wahrzunehmen ist, die ich jedoch nicht genauer studirte und daher auch nicht besonders erörtern will.

Die Untersuchung der genauen Quer- und Längsschnitte der Pigmentlage ergiebt einen relativ einfachen Bau, den ich schon 1894 schilderte und durch eine Photographie erläuterte. Zunächst ist auf den Schnitten festzustellen, dass eine durchaus feinnetzige, d. h. eigentlich wabige Struktur vorliegt. In der Regel erscheint nun diese Wabenstruktur an gelungenen dünnen Quer- oder Längsschnitten senk-

recht säulig-streifig, d. h. die Waben sind in senkrecht aufsteigenden Reihen übereinander gestellt, weshalb die gesammte Pigmentlage zart senkrecht gestreift erscheint (s. Figg. 7 Taf. 13, 7 Taf. 25 und 1 Taf. 26). Da unter diesen Umständen die Grenzlinien der benachbarten senkrechten Wabenreihen zickzackförmig gebrochen verlaufen, so kommt durch Vermittelung dieser schiefen Antheile der zickzackförmigen Wände häufig auch eine schief gekreuzte Zeichnung zu Stande (angedeutet auf Fig. 7 Taf. 25 und 1 Taf. 26), in ähnlicher Weise, wie wir derartiges bei längsgereihten Wabenstrukturen schon früher beobachteten. Es wird von relativ geringfügigen Bedingungen abhängen, ob die senkrechte Reihung oder die schiefe Kreuzstreifung deutlicher hervortritt. — Gleichzeitig beobachtet man an stark gefärbten Schnitten häufig auch eine gewisse Farbendifferenz in dem säuligen Wabenwerk, derart, dass einzelne Reihen heller, dazwischen gelegene dagegen dunkler sind; diese dunkleren Züge sind meist etwas breiter und dann in der Regel aus zwei Wabenreihen aufgebaut (Andeutungen dieses Verhaltens finden sich auf den Figg. 7 Taf. 25 und 1 Taf. 26). Mit dieser säuligen Reihung der Waben kombinirt sich jedoch nicht selten eine quergeschichtete, was ja durch eine geringe Dehnung der Waben in der Querrichtung, wodurch die queren Wabenwände stärker hervortreten, oder durch eine geringe Aenderung in der Anordnung der Waben leicht verständlich ist. An gewissen Stellen endlich tritt die senkrechte Reihung der Waben ganz gegen diese Schichtung zurück, so dass ein schön quergeschichtetes Wabenwerk vorliegt (s. Fig. 11 Taf. 25).

Die im Vorstehenden geschilderten Bilder der Quer- und Längsschnitte sind im Allgemeinen nicht allzu häufig zu sehen, wesshalb man anfänglich geneigt sein dürfte, sie für besondere Ausbildungsformen oder für etwas anormales zu halten. Meist liegt ein komplizirterer Bau vor mit dickeren, verwickelter gebauten Schichten von mehrwabiger Struktur (s. Fig. 5 Taf. 26 und die Querschliffe 6 und 11 Taf. 26, auch 9 Taf. 25). Durch Vergleich der verschiedenen Bilder der Quer- und Flächenschnitte wurde ich allmählich immer mehr zu der Ueberzeugung gedrängt, dass diese komplizirteren Bilder solchen Stellen der Pigmentlage entsprechen, welche nicht ganz genau quer geschnitten sind. Wenn wir uns eine so fein quergeschichtete Masse vorstellen, wie sie die oben geschilderten Schnitte (Taf. 25 Fig. 11) zeigen, deren Schichten ca. 0,8 μ Dicke besitzen, so muss es sehr selten vorkommen, dass die Schnittrichtung genau senkrecht zu den Schichten geführt wird; ganz geringe Abweichungen müssen schon eine beträchtliche Aenderung des Bildes bewirken, namentlich wenn die einzelnen Schichten auch in der Flächenausbreitung eine gewisse besondere Struktur besitzen, und wenn man berücksichtigt, dass auch die feinsten Schnitte von ca. 2 μ Dicke im Verhältniss zu der Dicke der Schichten immer noch relativ dick sind; bei den Schliffen ist dies natürlich noch viel mehr der Fall, da deren Dicke stets erheblich grösser ist. Mit unserer Annahme, dass allein die oben geschilderten Bilder die reinen Quer- oder Längsschnitte darstellen, harmonirt die Thatsache, dass die Pigmentschicht an denjenigen Stellen, wo sie dieses Strukturbild zeigt, stets die geringste Dicke besitzt, wie es ein reiner Querschnitt erfordert. Ueberall da, wo die Lage dicker wird, tritt eine Veränderung der Struktur auf, indem die Schichten dicker werden und einen verwickelteren Bau zeigen. Wenn man nun ferner berücksichtigt, dass man den allmählichen Uebergang der erstgeschilderten niedersten Querschnitte der

Pigmentlage in die höheren vielfach verfolgen kann und dabei sieht, wie die 0,8 μ dicken, aus einer Wabenreihe bestehenden Schichten successive dicker und komplizirter werden, während ihre Gesammtzahl gleich bleibt, so wird man sich schwerlich der Annahme entziehen können, dass in der That alle komplizirten Bilder durch mehr oder weniger schiefe Schnitte hervorgerufen werden, welche schiefe Ansichten der Schichten liefern. Dabei ist wohl zu berücksichtigen, dass es sich nicht etwa um die schwach schief verlaufenden eigentlichen Schnittflächen der Schnitte handelt, welche für die Untersuchung der feineren Struktur meist auch deshalb wenig empfehlenswerth sind, weil an ihnen die Messerwirkung sich zerstörend geltend macht, sondern um die in schiefem Verlauf durch die relativ ansehnliche Dicke des Schnitts oder Schliffs durchziehenden Schichten, von denen je nach der Tiefenwirkung des Objektives mehr oder weniger auf dem optischen Durchschnitt des Schnitts gesehen wird.

Um das Verständniss der etwas schiefen Schnitte durch die Pigmentlage zu erleichtern, wird es geeignet sein, zunächst die Bilder der Flächenschnitte und -schliffe ein wenig zu studiren, da schiefe Schnitte sich mehr oder weniger dem Bild der Flächenschnitte nähern müssen.

Schon den älteren Beobachtern war bekannt, dass sowohl Flächenschliffe als -schnitte der Pigmentlage häufig zellartige Bezirke erkennen lassen, wie wir sie auch an dem Grenzhäutchen finden werden. Die Pigmentlage wurde gerade deshalb von Carpenter Zellschicht genannt. — Da diese Zeichnung an wirklichen Flächenschliffen und -schnitten auftritt, so ist sicher, dass nicht etwa die des Grenzhäutchens vorliegt. Andererseits lässt sich jedoch nicht bezweifeln, dass sie die direkte Fortsetzung der Zellzeichnung dieses letzteren ist. Am Krebspanzer ist die Zellzeichnung der Pigmentlage im Allgemeinen nicht oft deutlich wahrzunehmen. Sowohl an Schnitten als Schliffen habe ich sie relativ selten klar erkannt, wie die Figuren Taf. 25 1a (Schliff in Glycerin) und 5 (Schnitt in Wasser bei schwächerer Vergrösserung [830]) zeigen. Ueberhaupt treten die Zellbezirke bei schwächerer Vergrösserung deutlicher hervor, wogegen sie bei stärkerer durch die Menge des sichtbar werdenden sonstigen Strukturdetails stark verwischt werden. Worauf das Bild der Zellbezirke eigentlich beruht, soll gleich näher dargelegt werden.

An den stark gefärbten dünnen Schnitten, welche meist nichts Bestimmtes von den Zellbezirken erkennen lassen, zeigt sich im Allgemeinen eine sehr feine Netzstruktur, die, wie ich später genauer zeigen werde, eine Wabenstruktur ist. Diese Struktur ist theils sehr regelmässig und schön ausgebildet, theils etwas unregelmässiger. Im ersteren Fall, welcher auf der Photographie des sehr dünnen, stark gefärbten Schnittes Fig. 4 Taf. 26 (Vergr. 3000) besonders klar hervortritt, besteht das Wabengerüst aus bogigen, regelmässig parallel ziehenden Zügen. Auf den Zusammenstossungsgrenzen der Züge biegen die Bogen in einen den Grenzen entlang gehenden Verlauf um. Der wabige Bau ist auf dieser Photographie ungemein deutlich. In anderen Fällen dagegen waren die geschilderten bogigen Züge weniger scharf ausgeprägt, oder wohl richtiger aus irgend welchen Ursachen weniger deutlich. Ein solcher Fall wird durch die beiden Photographien Taf. 26 Figg. 2 (Flächenschnitt im Wasser) und 3 (Flächenschliff im Wasser) illustrirt; beide bei 3000facher Vergrösserung. Auf beiden Photographien lassen sich jedoch die bogigen Züge noch hin-

reichend erkennen. Dass jedoch auch die Schliffe gelegentlich die Bogenzüge in einer mit Photographie 4 (Taf. 26) ganz übereinstimmenden Weise zeigen, erläutert Fig. 4 (Taf. 25) nach einem in Glycerin aufgestellten Schliff (Vergr. 3000). Obgleich in den meisten Fällen keine deutliche Beziehung der bogigen Züge zu den Zellbezirken erkennbar ist, liess sich doch an gewissen günstigen Stellen Derartiges nachweisen. Die Figuren 1a—b Taf. 25 (Schliff in Glycerin, Vergr. 830) suchen dies zu verbildlichen. 1a zeigt bei ein wenig höherer Einstellung wie 1b eine Anzahl deutlicher Zellbezirke (a—e). Fig. 1b dagegen lässt bei etwas tieferer Einstellung die Bogenzüge hervortreten, welche in ihrer Längserstreckung der Längsreihung der Zellbezirke folgen und auch etwa die Breite der Zellen besitzen. Die naheliegende Vermuthung, dass die Grenzen der Bogenzüge mit den Längsgrenzen der Zellbezirkreihen zusammenfallen, erwies sich nicht als richtig, wenn es auch manchmal so schien. An den günstigsten Stellen zeigte sich im Gegentheil, dass die Grenzen der Bogenzüge in die Mittelregion der Zellreihen hineinfallen, was auf Fig. 1b, welche dieselbe Stelle wie 1a wiedergiebt, zu erkennen ist. Die Zellbezirke a—e sind hier noch einigermassen deutlich, und daher lässt sich auch die Beziehung der Bogenzüge zu ihnen beurtheilen. — Wie gesagt, führte mich die genaue Verfolgung dieser Beziehung zu der eben vorgetragenen Auffassung; doch möchte ich hervorheben, dass es sich um sehr schwierig erkennbare Verhältnisse handelt, also ein Irrthum leicht möglich ist.

Die bogigen Wabenzüge der Pigmentlage erinnern an die ähnliche Bogenzeichnung, die wir auf Flächenschnitten der Hauptlage beobachtet haben (Taf. 27 Fig. 1). Im Prinzip handelt es sich jedenfalls auch um dieselben Verhältnisse. Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch bemerken, dass in vereinzelten Fällen auch auf Flächenschliffen der Hauptlage, die in Glycerin untersucht wurden, Andeutungen von Zellzeichnung vorhanden zu sein schienen; wodurch die Uebereinstimmung beider Lagen wesentlich erhöht würde.

Die wabige Struktur der Flächenschnitte und -schliffe zeigt in der Regel noch eine charakteristische Beschaffenheit, indem die Waben nicht ganz gleichmässig erscheinen, sondern durch ein feineres und dunkleres Wabenwerk etwas grössere und hellere Waben zerstreut sind. Diese Beschaffenheit tritt sowohl auf den Schnitten Taf. 26 Fig. 2 und 10 (unten) als auf den Flächenschliffen Taf. 26 Fig. 3 (in Wasser) und namentlich 7 (in Glycerin) hervor. An sehr dünnen Schnitten dagegen wie Fig. 4 Taf. 26 und auch an der lufterfüllten sehr dünnen Randstelle eines in geschmolzenem Balsam eingebetteten Schliffs (Taf. 25 Fig. 3) ist sehr wenig davon zu erkennen. Es ist auch ziemlich klar, dass die porenartigen helleren Waben, welche weniger durch ihre bedeutende Grösse als durch ihr lichtes Aussehen hervorstechen, um so undeutlicher erscheinen müssen, je dünner der Schnitt oder Schliff ist. Die geschilderte Struktur lässt sich mit dem früher erläuterten Bild der Querschnitte und -schliffe wohl nicht allzuschwer vereinigen. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die hellen porenartigen Waben den lichteren säulchenartigen und gewöhnlich einreihigen Wabenreihen des Querschliffs (s. Taf. 25 Fig. 6 und 10) und der Querschnitte (s. Taf. 25 Fig. 7 und Taf. 26 Fig. 1) entsprechen. Schon oben wurde bemerkt, dass die zwischengeschalteten dunkleren säulchenartigen Reihen gewöhnlich zwei- bis mehrwabig sind. Die Vergleichung der Querschliffe und -schnitte mit den

Flächenbildern ergiebt sicher, dass sie dem dunkleren und etwas feineren Wabenwerk der Zwischensubstanz zwischen den porenartigen Waben entsprechen.

Wir können uns nun auch die Bilder der Zellbezirke, wie sie die Figg. 1a und 5 Taf. 25 zeigen, erklären. In beiden Fällen sind nur die porenartigen Waben zu sehen, und zwar beide Male bei hoher Einstellung, so dass sie dunkel erscheinen und namentlich auf Fig. 5 auch ein falsches hohes Netzwerk zwischen ihnen hervortritt. Man sieht, wie diese porenartigen Waben sich über den gesammten Zellbezirk gleichmässig verbreiten und dass die Grenzen der Zellbezirke namentlich deshalb hervortreten, weil sie jederseits, alveolarsaumartig, durch eine Reihe solcher Porenwaben gesäumt werden. An einigen Stellen der Fig. 5 und auch sonst gelegentlich schien das Verhalten jedoch so, dass sich zwischen die beiden Grenzreihen von Porenwaben noch eine dritte einschaltet, welche die Zellbrücken vertreten würde.

Hinsichtlich dieser Porenwaben lassen die Flächenschliffe und -schnitte jedoch noch einiges erkennen, was, wie mir scheint, namentlich in den tieferen Partien der Pigmentlage, dicht vor ihrem Uebergang in die Hauptlage deutlich hervortritt. Hier erhält man häufig Bilder, welche eine Annäherung und Zusammengruppirung von je zwei Porenwaben zeigen, zwischen welchen sich dann eine Querbrücke aus feinwabiger Zwischensubstanz ausspannt. Derartige Zustände sind an einigen Stellen des Schnittes Fig. 10 Taf. 26 und auch, doch weniger deutlich, auf dem Flächenschliff Fig. 7 Taf. 26 angedeutet. In der Querbrücke zwischen den beiden genäherten Porenwaben tritt gewöhnlich ein stark dunkler punktförmiger Querschnitt hervor. Hebung und Senkung des Tubus ergiebt, dass dieser punktförmige Querschnitt als senkrecht auf- und absteigende Faser zwischen den beiden genäherten Porenwabenreihen hinzieht. Er erinnert daher sehr lebhaft an die Centralfaser der Säulchen der Hauptlage und die beiden genäherten Porenwabenreihen, sammt der zwischen ihnen ausgespannten Brücke und ihrer Centralfaser, gleichen sehr einem Säulchen der Hauptlage, was auch die Uebergangsstelle der beiden Lagen, welche Photogr. Fig. 10 Taf. 26 im Flächenschnitt zeigt, einigermassen erläutert (unten dunkler die Pigmentlage, oben die Hauptlage). Diese Aehnlichkeit der erwähnten Gruppen der Pigmentlage mit den Säulchendurchschnitten der Hauptlage wird noch dadurch erhöht, dass ich gelegentlich auch Flächenschnitte der Hauptlage gesehen habe, auf welchen die Säulchendurchschnitte eine grosse Aehnlichkeit mit den erwähnten Gruppendurchschnitten der Pigmentlage darboten, indem zwei Porenwaben hervortraten, welche durch eine die Centralfaser enthaltende Querbrücke getrennt waren. Auf gewissen, etwas schiefen, in geschmolzenem Balsam eingebetteten Flächenschliffen der Pigmentlage, an welchen die aufsteigenden Reihen der Porenwaben grossentheils kanälchenartig mit Luft gefüllt waren, trat die Säulchenbildung sehr frappant hervor. Jedes Säulchen mit den beiden sich entgegenstehenden Porenwaben und der mittleren Centralfaser.

Dass in der Pigmentlage eine der Hauptlage ähnliche Säulchenstruktur existirt, verrathen auch die in geschmolzenem Balsam eingebetteten, theilweise lufterfüllten Flächenschliffe manchmal recht deutlich. Photographie 2 Taf. 25 zeigt eine kleine Partie eines solchen Schliffs bei 1360facher Vergrösserung und bietet in vieler Hinsicht ein ähnliches Bild wie die Flächenschliffe Fig. 9 Taf. 26 und Fig. 3

Taf. 27 durch die Hauptlage. Wie auf letzterem sind auch hier die säulchenartigen, im Querschnitt gesehenen Gebilde von Kanadabalsam erfüllt, während die sie verbindende dünne Zwischensubstanz lufterfüllt ist. Bei der hohen Einstellung der Fig. 2 Taf. 25 erscheinen daher die Säulchenquerschnitte hell, die lufterfüllle Zwischensubstanz dagegen dunkel. Letztere lässt eine feinwabige Struktur erkennen, und zwar erscheint deren Lufterfüllung hier in der Weise, dass es aussieht, als verbreiteten sich zahlreiche horizontal streichende, sich vielfach kreuzende feine Kanälchen durch die Zwischensubstanz. Auch in den Säulchen selbst sieht man hier und da noch Andeutungen von Struktur, welche mit derjenigen ziemlich übereinstimmt, welche eben geschildert wurde.

Aus der Vergleichung der Fig. 2 Taf. 25 (Vergr. 1360) mit den Figuren der Flächenschnitte und -schliffe durch die Hauptlage (Taf. 27 Fig. 2 [Vergr. 740] und Fig. 3 [Vergr. 3000]) ergiebt sich jedoch, dass die Säulchen der Pigmentlage nur etwa halb so dick sind wie jene der Hauptlage. Da es nun unzweifelhaft erscheint, dass die letzteren direkt in die ersteren übergehen, so dürfte dies zeigen, dass dabei eine Verzweigung der Säulchen der Hauptlage stattfinden muss.

Nachdem wir im Vorstehenden die nöthigen Erfahrungen über die auf den Flächenschnitten und -schliffen hervortretenden Bauverhältnisse der Pigmentlage gewonnen haben, kehren wir zu den oben p. 362 erwähnten, etwas schiefen Querschliffen und -schnitten zurück. Wie gesagt, lässt sich die Schiefe der Schnittrichtung einigermassen aus der Gesammtdicke der Pigmentlage auf dem Schnitt oder Schliff beurtheilen, da die Dicke ja mit dessen Schiefe zunimmt. Auch auf den genauen Querschnitten oder -schliffen fanden wir zum Theil schon deutlich eine feine Horizontalschichtung des Wabenwerks ausgeprägt, mit Schichten von einer einzigen Wabenreihe (Taf. 25 Fig. 11). Auf den etwas schiefen Durchschnitten tritt diese Schichtung noch viel deutlicher hervor (Taf. 25 Fig. 9, Taf. 26 Figg. 5, 6 und 11). Je schiefer die Schnitte geführt sind, desto dicker erscheinen die Schichten, ohne dass sie an Zahl zunehmen; soweit es sich wenigstens um Schnitte oder Schliffe handelt, die nur wenig von der genauen Querrichtung abweichen.

Auf den Querschnitten stellen sich diese Schichten in der Regel so dar, wie es etwa Figur 5 Taf. 26 zeigt (Vergr. 3000), obgleich auf ihr die Schichtung nicht so scharf hervortritt wie gewöhnlich. Dies rührt aber zum Theil auch daher, dass nur ein kleiner Theil des Schnitts wiedergegeben ist. Bei tiefer Einstellung auf die untere Grenzfläche des Schnitts wechseln etwas dunklere, feinwabige mit etwas schmäleren lichteren Schichten ab. Ganz entsprechende Bilder erhält man häufig auch auf lufthaltigen, in geschmolzenen Balsam eingelegten Querschliffen, wie Fig. 6 bei 4000facher Vergrösserung zeigt. Sehr gewöhnlich tritt jedoch auf derartig behandelten Querschliffen in den dunkeln breiteren Schichten eine bogige Zeichnung hervor, wie sie bei schwächerer Vergrösserung (1560) auf Fig. 9 Taf. 25 und bei stärkerer (3000) auf Fig. 11 Taf. 26 zu sehen ist. Auf letzterem Schliff sind gleichzeitig in den dunklen Schichten etwas grössere lichte, porenartige Wabenräume und dunkle, an Centralfasern eventuell erinnernde Querschnitte deutlich wahrzunehmen, ein Bild welches sehr gewöhnlich wiederkehrt. Auch auf den Querschnitten ist die bogige Zeichnung der dunkleren Schichten hie und da gut zu sehen, wenigstens bei etwas höherer Einstellung.

Es scheint mir nun sicher, dass diese bogige Zeichnung der dunklen Schichten auf die Bogenzüge zurückzuführen ist, welche wir auf den Flächenschnitten und -schliffen fanden (s. Fig. 4 Taf. 26). Bei ein wenig schiefer Führung des Durchschnitts scheint es ja nothwendig, dass namentlich auf den Querschliffen, die nicht so dünn hergestellt werden können als die Querschnitte, etwas von diesen Bogenzügen hervortritt. Ueberhaupt dürfte die breitere Schichtung, welche auf den etwas schiefen Querschnitten auftritt, ganz von diesen Bogenzügen des Flächenbilds herrühren. Nicht recht erklärlich ist mir dabei nur, woher die schmäleren helleren Zwischenschichten kommen und warum sie lockerer gebaut sind als die zwischenliegenden breiteren Schichten. Dieses Verhalten wäre eher erklärlich, wenn die dunkleren Schichten den Grenzpartien der im Flächenbild zu sehenden Bogenzüge entsprächen, die helleren dagegen der mittleren Region der Bogenzüge. Bei sorgfältiger Vergleichung der Bilder scheint mir Vieles für diese Auffassung zu sprechen.

Sowohl an den genau geführten als an den etwas schiefen Querschliffen, die in geschmolzenen Balsam eingebettet sind, sieht man vielfach, die schon von den früheren Beobachtern beschriebenen lufterfüllten anscheinenden Kanälchen. Fig. 9 Taf. 25 giebt von einer solchen Stelle ein gutes Bild, auf welchem natürlich die in recht verschiedenen Höhen verlaufenden Kanälchen bei sehr verschiedener Einstellung erscheinen. Dass diese Kanälchen den grösseren, lichten Porenwaben, die wir auf den Flächenschnitten Fig. 7 u. 10 Taf. 26 fanden, entsprechen, ist nicht fraglich. Die lufterfüllten Kanälchen, deren direkter Ursprung aus den Kanälchen der Säulchen der Hauptlage häufig deutlich zu verfolgen ist, haben auch in der Pigmentlage keinen gerade gestreckten Verlauf, sondern steigen schwach schraubenförmig gewunden empor (s. Fig. 9 Taf. 25). Theilungen und Verzweigungen sind nicht selten.

Ebenso wie für die Hauptlage bin ich auch für die Pigmentlage zur Ueberzeugung gekommen, dass es sich nicht um wirkliche Kanälchen handelt, sondern um aufsteigende Wabenreihen, die aus gewissen Gründen leichter lufterfüllt bleiben und in diesem Zustand als kontinuirliche Kanälchen imponiren. Die Gründe hierfür sind folgende. Einmal bemerkt man bei tiefer oder hoher Einstellung auf lufterfüllte Kanälchen häufig, dass sie eine perlschnurartige Beschaffenheit besitzen, durch feine Querwände untergetheilt sind. Auf Fig. 9 Taf. 25 ist in der linken oberen Ecke ein derartiges Kanälchen zu sehen. Obgleich nun diese Erscheinung keineswegs immer zu bemerken ist, sondern auch Kanälchen vorkommen, die bei tiefer Einstellung kontinuirlich erscheinen, muss ich aus den Bildern der Querschnitte und auch gewisser Stellen der Querschliffe dennoch schliessen, dass keine kontinuirlichen Kanälchen vorliegen. An den exakten Querschnitten, wie sie in Fig. 7 Taf. 25, Fig. 1 Taf. 26 abgebildet sind, lässt sich nie etwas von durchgehenden Kanälchen wahrnehmen, sondern nur lichtere aufsteigende Wabenreihen, die zwischen die etwas feineren dunkleren Reihen eingeschaltet sind, und welche zweifellos die Kanälchen repräsentiren. Das Gleiche folgt auch aus der in Fig. 10 Taf. 25 abgebildeten Stelle eines entsprechenden Querschliffs. Auf den etwas schiefen Querschnitten (wie Fig. 5 Taf. 26) sieht man ebenfalls häufig streckenweise aufsteigende Kanälchen und auch hier sind sie nie kontinuirlich sondern durch Reihen lichterer Waben gebildet.

Dazu gesellt sich ferner, dass die in geschmolzenem Balsam aufgestellten, etwas schiefen Querschliffe an manchen Stellen auch horizontale lufterfüllte

Kanälchen bei hoher Einstellung zeigen, welche durch die oben geschilderten hellen, schmäleren Schichten dieser Schliffe hinziehen, ja am Rande lufterfüllter derartiger Partien auch als ganz isolirte scheinbare Kanälchen hinziehen können.

Wir haben schon oben an den lufterfüllten Flächenschliffen (Fig. 2 Taf. 25) solche horizontalziehende, anscheinende Kanälchen gefunden. Da jedoch aus den gesammten Bauverhältnissen folgt, dass sicher keine horizontalen Kanälchen vorhanden sind, so weist ihr anscheinendes Vorkommen an lufterfüllten Stellen darauf hin, dass es sich nur um scheinbare Kanalbildungen handeln kann, d. h. um Züge und Reihen von Waben, welche stark lufterfüllt sind und in diesem Zustand als kontinuirliche, lufterfüllte Kanälchen erscheinen.

Aus diesen Gründen komme ich daher zur Ueberzeugung, dass auch in der Pigmentlage eigentliche zusammenhängende Kanälchen fehlen, vielmehr durchgehend ein rein wabiger Bau besteht.

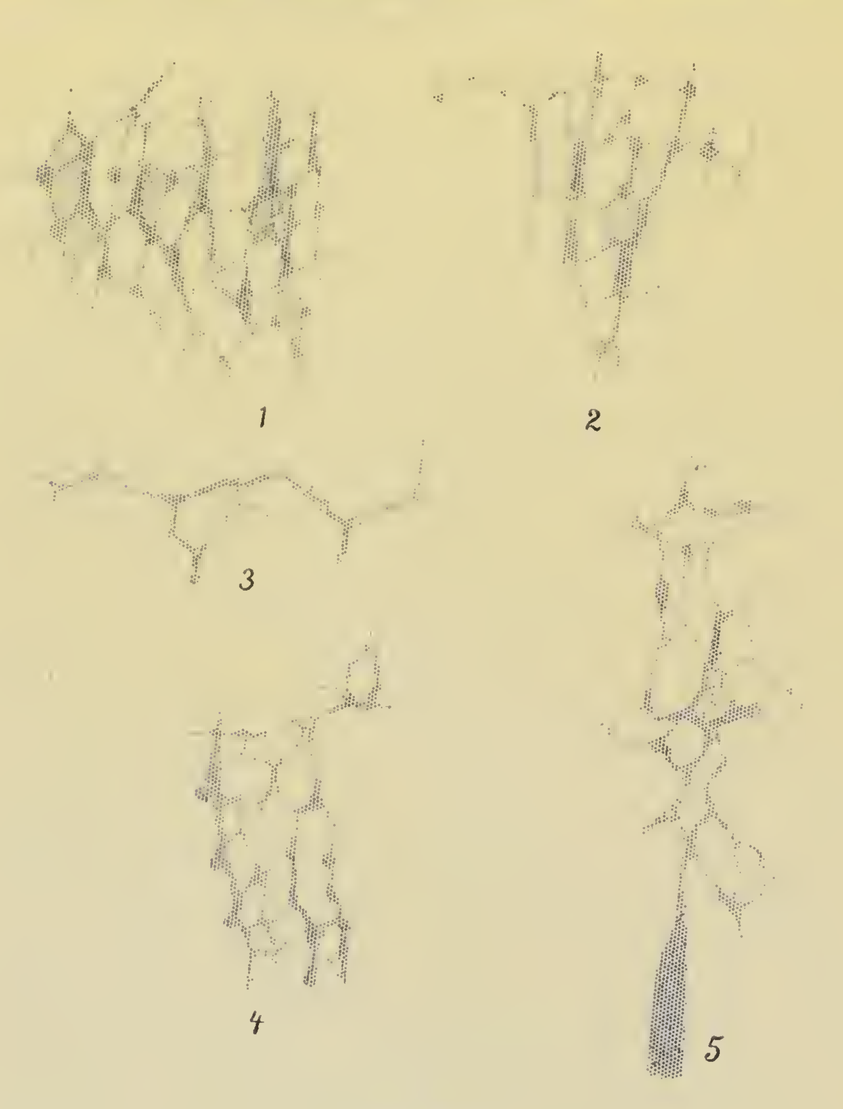


Fig. 95.

Astacus fluviatilis. Chitinpanzer. Pigmentlage. Fragmente von Zerklopfungspräparaten stark mit Eisenhämatoxylin gefärbter Schnitte. In Wasser Obj. 2. Oc. 18. 1—2. Randfetzchen zerklopfter Flächenschnitte. — 3—5. Fragmente zerklopfter Querschnitte. 5 stammt von der Grenze gegen die Hauptlage und zeigt daher noch den Zusammenhang mit einem der Stücke der Zwischensubstanz dieser (entsprechend z Textfig. 92, p. 358). Einstellung auf Struktur tief.

Den sichersten Beweis, dass die im Vorhergehenden geschilderten Strukturen der Pigmentlage thatsächlich auf einem feinwabigen und nicht etwa rein faserigen Bau beruhen, erhält man bei der Untersuchung zerklopfter Quer- oder Flächenschnitte. Zwar spricht der erste Eindruck derartiger Präparate anscheinend durchaus für den Aufbau aus feinsten Fasern, eine Ansicht, welche ja auch schon von Nathusius und Tullberg für die Hauptlage vertraten. Die sorgfältige Untersuchung der Ränder zerrissener Partien, an denen faserige Fetzchen hervorstehen, oder der durch Zertrümmerung erhaltenen feinsten Partikelchen ergiebt jedoch mit aller Bestimmtheit, dass es sich stets um netzförmige Zusammenhänge der anscheinenden Fäserchen handelt, wie die Textfig. 95 1—5 gut zeigen, gleichzeitig beseitigen dieselben auch jeden Zweifel, der allenfalls die netzförmigen Zusammenhänge für scheinbare, durch die Ueberkreuzung isolirter Fasern hervorgerufen, erklären wollte. — Ferner lassen solch' feinste Fetzchen sicher erkennen, dass es sich nicht um ein netziges feinstes Balken- oder

Schwammwerk, sondern um ein wirkliches Wabenwerk handelt. An den sehr stark gefärbten Partikeln von so grosser Dünne, dass es sich nur um eine einzige Maschenlage handelt, ist nämlich deutlich zu sehen, dass stets eine Anzahl der Maschenräume schwach gefärbt, andere dagegen heller und, soweit sichtlich, ungefärbt sind (s. die Textfig. 95 1. 2. 5). Diese Erfahrung weist darauf hin, dass nicht ein Gerüstwerk vorliegt, sondern ein Wabenwerk, d. h., dass die Maschen des Gerüstes durch zarte Lamellen abgeschlossen sind, die, wenn nicht gar zu dünn oder wenn nicht weggerissen, wegen ihrer Färbung auch dem Maschenraum eine schwache Farbe ertheilen. Dass es sich dabei nicht um die Anfüllung der Maschen mit einer schwächer färbbaren Substanz handelt, ist andererseits klar, da sich ja die Maschen oder Waben mit Luft erfüllen lassen, was sowohl die Schliffe als auch die unter der Luftpumpe aus Xylol ausgetrockneten Schnitte erweisen. Dass sich auch anscheinend ganz glatte Fäserchen häufig finden, ist nicht schwer zu verstehen, da ja beim Zerzupfen leicht faserartige Strecken der Wabenwände herausgerissen werden können und weil die Erkennung der äusserst zarten Reste abgehender Faserästchen sehr schwierig ist.

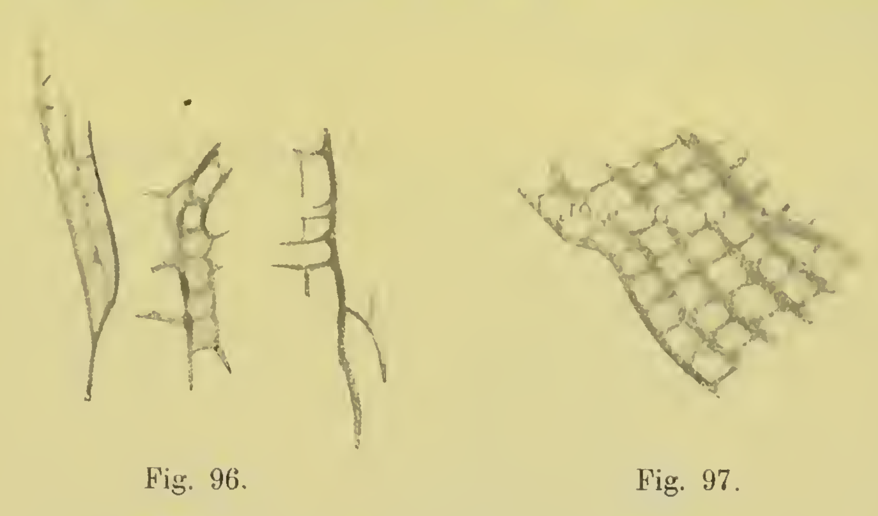


Fig. 96. Fig. 97.

Fig. 96 u. 97. Astacus fluviatilis. Chitinpanzer.

Fig. 96. Fragmente zerklopfter Schnitte, aufgetrocknet und in Luft untersucht. Aeltere Untersuchungen von 1893. Wabiger Gerüstbau sicher; die Lage, welcher die Fragmente angehören, unsicher. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung auf Struktur tief.

Fig. 97. Schön wabige Partie aus einem feinen, getrockneten Flächenschnitt durch die Pigmentlage (vergl. Taf. 26 Fig. 4). In Luft untersucht. Aeltere Untersuchung von 1893. Obj. 2. Oc. 12. Einstellung auf Struktur tief.

Wir wenden uns nun zu einer kurzen Erörterung der Strukturbilder der Quer- und Flächenschliffe. Feine Querschliffe der Pigmentlage der Beine oder Scheere, die in mit Xylol verdünntem Balsam oder in Glycerin aufgestellt sind, zeigen da, wo der Schliff möglichst quer gegangen ist, eine zierliche feine Struktur, welche im Allgemeinen derjenigen entspricht, die wir auch auf den reinen Querschnitten beobachteten. Es handelt sich gewöhnlich um die Kombination einer senkrecht säulig-streifigen mit einer fein horizontal geschichteten Struktur (s. Fig. 10 Taf. 25), wobei jedoch gleichzeitig eine schief gekreuzte Zeichnung oft kenntlich hervortritt (schön auf Fig. 6 Taf. 25). Bei schwächerer Vergrösserung (1360) zeigt diese Kombination von Horizontalschichtung mit streifig-säuliger und schief-gekreuzter Struktur gut Fig. 8 Taf. 25 nach einem in verdünntem Balsam eingelegten Schliff. Die Erfüllung der gesammten Struktur durch Balsam ist hier sicher; ebenso für den Schliff Fig. 6 Taf. 25, der in Glycerin untersucht wurde, die Erfüllung mit Glycerin. Dagegen beruhte die Sichtbarkeit der Struktur in Fig. 10 Taf. 25, die von einem in geschmolzenem Balsam eingebetteten Präparat herrührt, jedenfalls darauf, dass eine dünne Partie des Wabenwerks lufthaltig geblieben war. Die genauere Erforschung dieser Struktur bei Einstellung auf die untere Grenzfläche des Schliffs, um falschen Bildern möglichst zu entgehen, giebt die Ueberzeugung, dass es sich um eine fein-

wabige Struktur handelt von ähnlicher Beschaffenheit, wie man sie auch auf den Querschnitten findet. Ganz so deutlich wie auf diesen tritt jedoch die Struktur nie hervor und ausserdem erscheint sie, bei denselben Vergrösserungen betrachtet, stets etwas gröber. Diese Abweichungen dürften sich auf folgende Ursachen zurückführen lassen. Einmal sind die Schliffe trotz aller Feinheit stets viel dicker als die 1—2 μ dicken Schnitte; andererseits ist das Gerüstwerk, welches die Struktur bedingt, hier ungefärbt: drittens sind ganz reine Querschliffe nur sehr selten aufzufinden aus den schon früher für die Schnitte hervorgehobenen Gründen. Diese drei Momente scheinen mir gleichmässig dahin zu wirken, dass die Struktur in allen ihren Feinheiten nicht zur Beobachtung gelangt und daher relativ gröber erscheint, da manche der feinsten Waben nicht gesehen werden.

c) Die Aussenlage.

Wie schon oben bemerkt wurde, ist diese relativ dünne Lage auf den Schnitten nur schwer von der Pigmentlage zu unterscheiden, weshalb ich sie auch in der vorläufigen Mittheilung von 1894 übersehen habe. Dagegen tritt sie auf den Schliffen stets recht deutlich hervor und wurde hier auch von den früheren Beobachtern vielfach wahrgenommen. Sie schildern sie fast stets als homogen und strukturlos, welche Auffassung auch leicht hervorgerufen werden kann, da die Aussenlage der in geschmolzenem Kanadabalsam eingebetteten Schliffe in der Regel ganz von Balsam durchdrungen ist und dann meist ganz homogen erscheint. Nathusius hat jedoch schon richtig erkannt, dass auch diese Lage eine feine Struktur besitzt, indem sie hie und da Andeutungen feinster, senkrecht aufsteigender Kanälchen und horizontaler Schichtung zeigt. Diese Erfahrungen sind vollkommen richtig, denn schon an der von Kanadabalsam durchdrungenen Lage sieht man häufig eine äusserst zarte senkrechte Streifung, und die in Glycerin eingelegten Schliffe zeigen das Gleiche (s. Fig. 10 Taf. 24, a).

Zum Studium dieser Lage eignen sich jedoch vor allem solche Stellen, wo sie abnorm verdickt ist. Wie die früheren Beobachter schon erkannten, findet sich derartiges an den Scheeren. Die glänzenden Papillen, welche diese stellenweise bedecken, werden nämlich ausschliesslich durch Verdickung der Aussenlage gebildet, indem sie sich annähernd halbkugelförmig erhebt und ihre sonst relativ geringe Dicke auf das Vielfache steigt. An den Querschliffen ist die Struktur der Papillen auch nach Einbettung in geschmolzenen Balsam häufig stellenweise recht schön zu sehen, da vereinzelte Partien lufthaltig bleiben. Das Bild solcher Stellen zeigt anscheinend eine Unzahl feinster, dicht gedrängter, welliger, luftgefüllter Kanälchen, welche die Lage durchsetzen, und so die feine Streifung bedingen, von der schon vorhin die Rede war. Es ist ferner leicht zu sehen, dass diese Kanälchen mit den aufsteigenden der Pigmentlage oder der Hauptlage (unter den Papillen, wo die Pigmentlage fehlt) in direktem Zusammenhang stehen, d. h., dass die letzteren direkt in die ersteren fortsetzen wie denn überhaupt ein direkter Uebergang der Aussenlage in die darunter folgende Lage stattfindet.

Untersucht man aber die Aussenlage auf feinsten, stark tingirten Querschnitten, wozu sich vor allem die Durchschnitte der Papillen eignen, so erhält man eine wesentlich andere Vorstellung von ihrer Struktur. Einmal färbt sich die Aussenlage

besonders intensiv. Dies trat schon an Schliffen hervor, welche ich mit Methylenblau zu färben versuchte, was für die Aussenlage und die Pigmentlage sehr gut gelingt. Diese färbten sich in wässeriger Methylenblaulösung so intensiv, dass für die Untersuchung damit wenig gewonnen war. Beim Wiederausziehen des Methylenblaus mit absolutem Alkohol blieb die Aussenlage noch schwach blau, als alle Farbe aus den übrigen Lagen entfernt war.

Die Schnitte zeigen nun deutlichst, dass auch die Aussenlage eine durch und durch feinwabige Struktur besitzt. Das Wabenwerk ist gleichzeitig nach zwei Richtungen mehr oder weniger orientirt; einmal sehr deutlich wellig-streifig in senkrechter Richtung und dann auch mehr oder weniger ausgesprochen in horizontaler. Auf diese Weise kommt eine etwas verworrene Kreuzung in beiden Richtungen zu Stande (s. Fig. 11 Taf. 24).

Untersucht man fein zerklopfte Querschnitte in Wasser, so bekommt man hie und da sichere Bruchstücke der Aussenlage zu Gesicht und hat dann Gelegenheit, sich mit Bestimmtheit zu überzeugen, dass nicht etwa sich kreuzende Fasern oder durcheinander gewundene feinste Röhrchen vorliegen, sondern ein Wabenwerk. Textfig. 98 2 stellt ein solches Produkt der Zertrümmerung dar, welches durch seinen Zusammenhang mit einer grösseren Partie der Aussenlage über seine Zugehörigkeit keinen Zweifel liess. Es stammt von einer Gegend der Aussenlage, wo die horizontale Schichtung ausgesprochener war und ist eine der scheinbaren horizontalen Fasern, welche durch die Querschichtung bedingt werden. Man sieht jedoch klar, dass es sich nicht um eine Faser, sondern um einen herausgerissenen faserartigen und wohl etwas gedehnten Theil eines Wabenwerks handelt. Textfig. 98 1 dagegen zeigt ein äusserst dünnes Randfetzchen einer zertrümmerten Partie der Aussenlage (Querschnitt); hier waltet der senkrecht streifige Charakter vor und gleichzeitig erkennt man an der schwachen Tingirung, welche auch die Wabenräume vielfach darbieten, dass es sich nicht um ein Netzgerüst handelt, sondern dass die Lückenräume durch feine Membranen geschlossen, also Wabenräume sind.

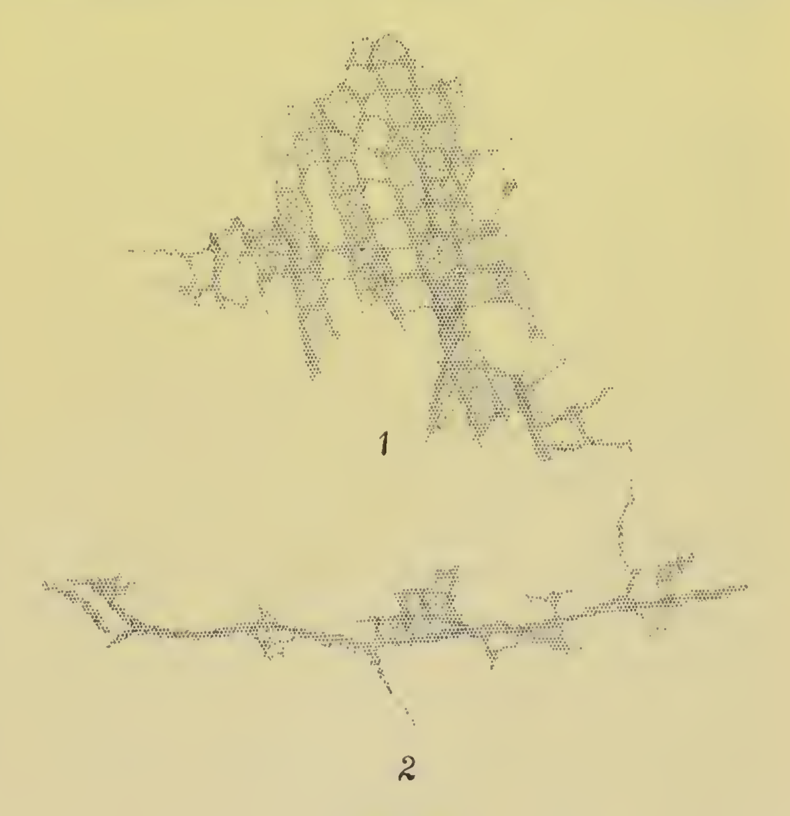


Fig. 98.

Astacus fluviatilis. Chitinpanzer. Aussenlage einer Scheerenpapille. Zerklopfungspräparat eines stark mit Eisenhämatoxylin gefärbten Querschnitts. In Wasser. Obj 2. Oc. 18. 1. Feines Randfetzchen einer Partie, wo der senkrecht streifige Charakter der Aussenlage vorherrscht. 2. Isolirte faserartige Partie einer Stelle, wo der horizontal geschichtete Charakter besteht; die Faser ist eine horizontale Grenzlamelle zweier Schichten. Einstellung auf Struktur tief.

Die Erfahrungen über den feineren Bau der Aussenlage bestätigen demnach das, was wir schon aus den Untersuchungen der Haupt- und Pigmentlage erschlossen, dass nämlich eigentliche Kanälchen nicht vorkommen; dieselben werden

vielmehr nur dadurch vorgetäuscht, dass sich beim Einschluss der trockenen Schliffe in geschmolzenen Balsam Reihen von Waben stark lufterfüllt erhalten und als feine Kanälchen erscheinen.

d) Grenzmembran.

Auf den Querschnitten konnte ich schon 1894 wahrnehmen, dass der Abschluss des Panzers nach Aussen durch ein sehr feines Häutchen gebildet wird, dessen Dicke 1 μ selten etwas übersteigt. Dies Häutchen fällt dadurch auf, dass es etwas stärker lichtbrechend ist, sich noch intensiver tingirt als die darunter liegende Aussenlage und sich auf den Schnitten leicht ablöst. Wie schon oben bemerkt wurde (p. 347), ergab die Untersuchung, dass die Grenzmembran viel widerstandsfähiger ist als das eigentliche Chitin, dass sie sich in rauchender Salzsäure selbst bei 40° C. nicht auflöst, während die gesammte übrige Panzermasse dabei in Lösung geht. Dass es thatsächlich die Grenzmembran ist, welche ungelöst bleibt, wurde auch unter dem Mikroskop durch Behandlung von Querschnitten mit Salzsäure direkt nachgewiesen.

Derartig isolirte Grenzhäutchen zeigen in der Flächenansicht eine sehr hübsche Struktur. Sie erscheinen nämlich ganz wie ein polygonales Zellgewebe (s. Fig. 4 Taf. 13), dessen etwas dunklere Zellkörper durch lichtere Zellbrücken verbunden sind. Die Untersuchung mit starken Vergrösserungen (doch auch schon die Fig. 4 bei Betrachtung mit der Lupe) lässt gut erkennen, dass die Zellbezirke schön wabig strukturirt sind und dass auch die lichten Zwischenbänder aus 1—2 etwas gröberen Wabenreihen bestehen. Fig. 2 a Taf. 13 zeigt eine kleine Partie der abgelösten Grenzmembran bei 1380 facher Vergrösserung und tiefer Einstellung. Da jedoch das Häutchen etwas wellig verlief, ist die Einstellung nur in der mittleren Partie richtig, oben dagegen höher, unten zu tief. Bei der starken Vergrösserung tritt der Unterschied zwischen der Wabensubstanz der Zellbezirke und der lichteren Zwischensubstanz sehr zurück; doch scheint mir, dass der hellere Streif auf der rechten Seite einer Partie der Zwischensubstanz entspricht.

In dem Wabenwerk der Zellbezirke fallen einzelne Waben durch ihre grössere Helligkeit auf, so dass das Bild an das der Flächenschnite der Pigmentlage mit den lichteren, porenartigen Waben erinnert. Ich möchte auch vermuthen, dass es sich um die gleiche Erscheinung handelt, d. h., dass sich die prinzipiellen Verhältnisse der in der Pigmentlage beobachteten Flächenstruktur auch in der Grenzmembran wiederfinden. — Dieselbe Stelle der Membran bei hoher Einstellung zeigt Fig. 2 b Taf. 13, doch wurde sie leider bei der Zusammenstellung der Tafel gerade umgekehrt orientirt wie 2 a; was auf letzterer oben ist, ist hier unten. Man kann, wenn man die entsprechenden Partien vergleicht, die Unterschiede des engeren hohen falschen Netzbildes und des richtigen tiefen der Fig. 2 a erkennen. Verfolgt man von der Mitte der Photographie 2 b, wo sich das falsche Netzbild deutlich durch die dunklen Punkte der Waben und ihre Verbindungen repräsentirt, den allmählichen Uebergang zu der schön und regelmässig wabigen oberen mittleren Randpartie, so gewinnt man die Ueberzeugung, dass gerade diese Stelle die schärfste Einstellung bei eben erzielter erster Tiefe repräsentirt. Demnach ist die Einstellung, wie sie in der mittleren Region von 2 a gewählt wurde, schon etwas zu tief, weshalb das Wabenwerk hier zu grob erscheint. Annähernd richtig eingestellt ist

auf Fig. 2a nur der obere mittlere Rand, welcher wieder das sehr regelmässige Wabenwerk des oberen (eigentlich unteren) Randes der Fig. 2b zeigt. Aus diesen Erfahrungen geht auch hervor, dass das, was man bei schwächerer Vergrösserung (s. Fig. 4) von dem Wabenwerk erkennt, nur unvollständig ist; da die Struktur in Wirklichkeit viel feiner ist. Bei der Untersuchung mit schwachen Vergrösserungen stellt man eben von vornherein sehr tief, auf das Bild zweiter Tiefe ein, da bei richtiger, grade tiefer Einstellung das Bild wegen seiner Feinheit nicht zu erkennen ist; man erhält auf diese Weise ein viel zu grobes Wabenbild.

Wegen der ungemeinen Dünne der Grenzmembranen ist ihr Querschnitt schwierig zu untersuchen, denn die meisten Schnitte geben kein scharfes Querschnittsbild, sondern ein mehr oder weniger schiefes; man hält daher das Häutchen leicht für dicker, als es wirklich ist. Gute Querschnittsbilder bietet jedoch die isolirte Membran an Faltungsstellen. Aus beiden Bildern geht hervor, dass die Haut selten dicker als 1 μ ist und dementsprechend auch selten mehr als eine einzige Wabenlage. Der Querschnitt zeigt daher bei richtiger tiefer Einstellung etwa das Bild eines senkrecht gestrichelten Alveolarsaums (s. Taf. 25, Fig. 11, a). Durch Heben des Tubus kann man sich häufig gut überzeugen, dass die hellen Lückenräume der Waben bei hoher Einstellung in dunkle Punkte übergehen, also schwächer lichtbrechende Räumchen sind. Der äussere Kontur ist vielfach ein wenig wellig unregelmässig und wird von einer etwas dickeren und dunkleren, pellikula-artigen Lamelle gebildet. Dass diese nicht nur einem optischen Phänomen ihre Entstehung verdankt, folgt daraus, dass sie auch auf dem Querschnitt der isolirten Membran deutlich hervortritt, während der innere Kontur oder die innere Lamelle viel blässer und zärter ist. Sehr eigenthümlich erscheint, dass die Membran sich stellenweise zu einem äusserst feinen Saum verdünnt, welcher keinerlei Struktur mehr zeigt, sondern wie eine einfache Linie erscheint. Wie die Umschlagsfalten isolirter Membranen zeigen, entsprechen diese Stellen der hellen Zwischensubstanz zwischen den Zellbezirken; hier verdünnt sich also die Membran zu einem gerade wahrnehmbaren, unmessbar feinen Häutchen. Bei der Färbung isolirter Membranen mit Eisenhämatoxylin ergab sich, dass die Zwischensubstanz bedeutend stärker tingirt wurde als die Zellbezirke. Dabei war sowohl die wabige Maschenzeichnung als auch der Innenraum der Maschen gefärbt, der letztere natürlich viel schwächer. Hieraus ist zu entnehmen, dass es sich auch an diesen verdünnten Stellen um ein wirklich geschlossenes feinstes Häutchen handelt, nicht etwa um ein offenes Gerüstwerk; dafür spricht auch das Querschnittsbild, das nichts von Lücken zeigt. Unter diesen Umständen ist etwas schwierig zu verstehen, woher es rührt, dass die Zwischensubstanz in der Flächenansicht die deutliche Wabenzeichnung darbietet, während sie auf dem Querschnitt als feine gleichmässige Linie erscheint. Da die Zwischensubstanz aber den Abschluss des Wabenwerks der darunterfolgenden Aussenlage bildet, deren Wände sich an sie ansetzen müssen, so lässt sich einigermassen verstehen, wie eine wabige Zeichnung auch an der Zwischensubstanz bestehen kann. Immerhin liegt auch die Möglichkeit vor, dass selbst diese dünnen Stellen wabig gebaut sind, was auf dem Querschnitt wegen ihrer extremen Dünne unmöglich zu sehen sein könnte, während auf dem Flächenbild die Wabenkanten bemerkbar wären. Ich erinnere in dieser Hinsicht an die zur grössten Dünne ausgezogenen Fädchen

von Gelatine-Oel-Emulsion (s. p. 40), deren Wabenbau nur noch an den Knotenpunkten zu erkennen ist und ferner an die zu äusserster Dünne auslaufenden Ränder feiner, auf Glas gestrichener Schäume, die so zart werden, dass die Struktur schliesslich immer undeutlicher und blässer wird. Auch hier wird es sich vermuthlich um so minimal dünne Lamellen handeln, dass das Wabenbild im Querschnitt nur noch durch die Knotenpunkte angedeutet sein kann, ähnlich den eben erwähnten Fädchen.

c) Die Innenlage.

Diese Lage liess sich sowohl an der Schwanzflosse als an den Thorakalbeinen sehr gut studiren, während sie an den Scheerenfingern weniger klar hervortrat. Ob sie thatsächlich unverkalkt ist, wie Williamson und Vitzou angeben, habe ich nicht genauer untersucht. Sehr wahrscheinlich will es mir nicht vorkommen, da die Lage wenigstens an den Querschliffen der Beine recht gut zu verfolgen ist und sich in ihrer Lichtbrechung von der angrenzenden Hauptlage nicht wesentlich unterscheidet. Beides wäre wenig wahrscheinlich, wenn sie unverkalkt ist. Auf den Querschliffen durch die Beine zeigt die Innenlage eine sehr feine Querschichtung und ist meist von Kanadabalsam ganz durchdrungen. In ihrer äusseren Zone ist die Schichtung häufig etwas gröber und wird gegen die innere Grenze feiner; wo dieser Unterschied jedoch stärker hervortritt, scheint er mir mehr auf einer gegen aussen etwas schief werdenden Schliffrichtung zu beruhen; denn die exaktesten Querschnitte zeigen nur wenig von einer solchen Verfeinerung der Schichten. Auf den Querschliffen tritt ferner häufig hervor, dass die alternirenden Schichten etwas verschieden sind; dass nämlich bei tiefer Einstellung dunklere und dichtere mit helleren und weniger dichten abwechseln, demnach ähnliche Verhältnisse bestehen wie bei der Schichtung der Stärkekörner, Cellulosesphären u. A. Da nun, wie wir gleich sehen werden, der Balsam doch nicht immer die Luft ganz verdrängt hat, so kann dieser Unterschied zum Theil auch darauf beruhen, dass sich in den hellen Schichten Reste von Luft erhalten haben, in den dunkleren dagegen nicht. — Andererseits zeigen aber stark tingirte Querschnitte an manchen Stellen ein solches Alterniren dunkler gefärbter und dichterer Schichten deutlich (in Andeutung auf Fig. 11 Taf. 27 zu sehen, speziell rechts); woraus zu schliessen ist, dass ein solcher Unterschied in gewissem Grade existirt und darauf beruht, dass die dunkleren Schichten substanzreicher sind, d. h. etwas dickere Gerüstwände besitzen, die helleren dagegen dünnere. — An manchen Stellen sind in den Querschliffen, welche in geschmolzenen Balsam eingebettet wurden, auch Reste von Luft erhalten geblieben. Wie bemerkt, ist dies besonders in den hellen Schichten der Fall; lufterfüllt erscheinen diese wie horizontale Kanälchen, welche die Innenlage durchziehen. Diese scheinbaren Kanälchen zeigen häufig einen etwas wellig geschlängelten Verlauf und imponiren nicht selten als anscheinend ganz kontinuirliche, nicht aus einzelnen Räumchen bestehende Gebilde. Andere Male ist eine Zusammensetzung der Kanälchen aus einer Reihe dunkler Punkte bei hoher Einstellung deutlich zu erkennen, während sie bei tiefer aus einer Reihe heller Wabenräume gebildet erscheinen. An manchen Stellen kann auf diese Weise eine deutlich wabige Struktur der Innenlage auch an Balsam-Präparaten zu erkennen sein; wobei auch die dunklen Schichten Andeutungen solcher Struktur zeigen. Dabei ergiebt sich, dass letztere Schichten gleichfalls nur aus einer Wabenlage bestehen.

Diese, an den Querschliffen gesammelten Erfahrungen werden durch das Studium feiner, stark gefärbter Querschnitte vollkommen bestätigt.

Vor allem ist es auch hier wieder nöthig, Stellen zu studiren, wo die Schnitte thatsächlich ganz quergegangen sind, die Lage also am niedersten ist und den einfachsten Bau zeigt. Solche Schnitte (s. Figg. 1 Taf. 13, 12 Taf. 26, 11 Taf. 27) zeigen den geschichtet-wabigen Bau ganz vorzüglich. Fig. 1 Taf. 13, die von einem Beinquerschnitt stammt, der ungefärbt in Wasser untersucht wurde, bietet ein von Fig. 11 Taf. 27 (Vergr. 3000) etwas abweichendes Bild, welche Photographie einem Querschnitt desselben Beinstücks entnommen ist, das sehr stark mit Eisenhämatoxylin gefärbt und in Balsam eingebettet war. Der Unterschied dürfte daher grossentheils auf der starken Färbung beruhen, welche bei letzterem Schnitt auch die feineren Elemente des Gerüstwerks deutlicher hervortreten lässt.

Wie schon bemerkt, zeigen derartige Querschnitte stellenweise ein etwas dunkleres und helleres Aussehen der abwechselnden Schichten. Das Vorhandensein einer solchen Differenz wird noch dadurch bestätigt, dass an gewissen Stellen, sei es durch die Wirkung des Messers oder durch andere Ursachen, eine Lockerung der Schichten eingetreten ist, indem sich die dunkleren Schichten mehr oder weniger von einander entfernt haben, unter Zerreissung der helleren (s. Fig. 11 Taf. 27 rechts).

Ueberraschend ist nun, dass man in nächster Nähe der Stellen, welche den geschichtet-wabigen Charakter so scharf ausgesprochen zeigen, auch solche trifft, wo sich durch senkrechte Reihung der Waben über einander ein Bild entwickelt, das demjenigen entspricht, welches wir in der Pigmentlage häufig begegneten (s. Fig. 12 Taf. 26 Vergr. 3000). Die Aehnlichkeit wird sogar noch grösser, da sich nicht selten auch in der Innenlage eine säulchenartige Ausbildung derart zeigt, dass dunklere breitere Säulchen von hellen schmalen Zwischenräumen geschieden werden. An letzteren Stellen war jedoch der Wabenbau nicht so klar, dass er völlig erkannt werden konnte, weshalb sich nicht sicher feststellen liess, ob hier auch in Bezug auf das feinere Detail genaue Uebereinstimmung mit der Pigmentlage besteht, wie zu vermuthen ist. Bemerkt zu werden verdient, dass an den in geschmolzenen Balsam eingelegten Schliffen die Innenlage nie Andeutungen senkrecht aufsteigender lufterfüllter Kanälchen zeigte; was man doch erwarten durfte wegen der gelegentlichen streifig-säuligen Beschaffenheit der Querschnitte. Ich bin daher der Meinung, dass bei reichlicher Lufterfüllung wohl auch in dieser Lage Andeutungen senkrechter lufterfüllter, scheinbarer Kanäle vorkommen können.

Verfolgt man die Innenlage an Querschnitten solcher Stellen, wo sie allmählich dicker wird und zweifellos eine schiefe, bis schliesslich stark schiefe Schnittrichtung vorliegt, so werden die Schichten allmählich breiter und mehrwabig. Gleichzeitig tritt auch ein bogiger Verlauf der Waben innerhalb der Schichten auf, der ganz an die entsprechenden Verhältnisse schiefer Schnitte der Pigmentlage erinnert. Hieraus folgt wohl sicher, dass die Schichten der Innenlage in der Flächenansicht, welche ich nicht studirt habe, eine ähnliche Beschaffenheit der wabigen Struktur zeigen werden wie die Pigmentlage, d. h. die gereihten bogigen Züge, welche oben geschildert wurden.

Nachträge.

Zu p. 31—35. Oberflächenpolarisation.

Bezüglich der Farbenwirkung stark brechender Kügelchen zwischen gekreuzten Nicols mit Gypsplättchen haben genauere Untersuchungen einiges Weitere ergeben, was mir sowohl in theoretischer wie praktischer Hinsicht nicht unwichtig scheint. Wie schon oben im Text (p. 32 und 35) angegeben, zeigen die durch Sublimation oder Schmelzung auf der Unterseite eines Deckglases erzeugten Schwefeltröpfchen bei Betrachtung im hängenden Zustand, also wenn sich unter ihnen Luft befindet, ein schönes Kreuz und lebhafte positive Farben. Dies gilt jedoch nur für diese Art der Betrachtung. Dreht man das Deckglas um, so dass die Tröpfchen auf ihm liegend gesehen werden, so tritt weder ein deutliches Kreuz hervor, noch zeigen sich kenntliche Farben. Ohne Gypsplättchen sind dann nur die vier, in die Polarisationsebenen fallenden Randstellen der Tröpfchen dunkel, die dazwischen liegenden hell; da die dunkeln Randstellen nur wenig gegen das Centrum vorspringen, so ist kein deutliches Kreuz zu sehen. Mit dem Gypsplättchen fehlte, wie gesagt, in diesem Fall deutliche Farbenwirkung fast ganz. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass auch das gewöhnliche mikroskopische Bild in diesen beiden Fällen recht wesentlich differirt. Die am Deckglas hängenden Tropfen zeigen bei Einstellung auf den Aequator eine Anzahl dunkler, dem Rand konzentrischer Ringe (Beugungsringe?), die auch zwischen gekreuzten Nicols gut hervortreten. Die auf dem Deckglas ruhenden Tröpfchen dagegen zeigen bei äquatorialer Einstellung gar keine derartigen Ringe (gleichgültig ob sich darüber ein unterstütztes Deckglas befindet oder nicht).

Die dunklen Ringe der ersterwähnten Ansicht stehen in bestimmter Beziehung zur Farbenwirkung mit dem Gypsplättchen, da sie die umgekehrten Farben geben, wie die zwischengeschalteten breiteren helleren Ringe. In den gelben Quadranten sind die letzteren daher gelb, die dunklen Ringe dagegen blau; in den blauen Quadranten herrscht die umgekehrte Farbenvertheilung. Die Farben der Quadranten beruhen also nur auf dem Vorherrschen der einen Farbe; namentlich bei schwächerer Vergrösserung treten die umgekehrt gefärbten Ringe gar nicht hervor.

Wenn man solche Schwefeltröpfchen betrachtet, die gleichzeitig Objektträger und Deckglas berühren, resp. an beiden adhäriren, so findet man zwischen gekreuzten Nicols mit Gypsplättchen recht lebhafte und ziemlich tief in's Innere des Tröpfchens hineinreichende Farben, die an einem dunkeln, dem Rand konzentrischen Ring endigen, welcher das innere rothe Feld des Tropfens umzieht. An diesen Tröpfchen ist jedoch die Farbenvertheilung rein negativ.

Wie gesagt, geben die frei auf dem Deckglas ruhenden Schwefeltröpfchen mit dem Gypsplättchen keine merkbare Farbenwirkung. Was man an ihnen davon bemerkt, ist eine Erscheinung, die bei stark lichtbrechenden Tröpfchen unter entsprechenden Verhältnissen gewöhnlich wiederkehrt. Bei schiefer Beleuchtung erscheint nämlich der helle Rand des Tröpfchens gelb, der entgegengesetzte dunkle dagegen blauviolett. Daher erhält man diese Farbenvertheilung auch stets, wenn man das Tröpfchen dem Rand des Gesichtsfelds nähert, weil dann ebenfalls schiefe Beleuchtung eintritt.

Entsprechend den Schwefeltröpfchen ergaben auch Schwefelkohlenstofftröpfchen, die, in Wasser, an der Unterseite des Deckglases hingen, positive Farbenvertheilung, wenngleich sehr schwache. Auch zeigten sie unter diesen Umständen die dunklen Ringe ähnlich den Schwefeltröpfchen, doch weniger breit. Hieraus folgt, dass die oben im Text (p. 32) gemachte Angabe über die positive Wirkung der Schwefelkohlenstofftröpfchen sich jedenfalls auf solche, am Deckglas hängende Tröpfchen bezog; denn die auf dem Objektträger ruhenden zeigen auch hier fast keine Farbenwirkung.

Im Gegensatz zu diesen Erfahrungen zeigten Quecksilbertröpfchen, die durch Sublimation an der Unterseite des Deckglases erzeugt waren, auch im hängenden Zustand rein negative Farbenvertheilung. Auch die auf dem Objektträger ruhenden boten negative Randfarben. Luftblasen und Wassertröpfchen in Kanadabalsam zeigten stets negative Farbenvertheilung. Ganz besonders kräftige, negative Polarisation und Farbenwirkung besassen Wassertröpfchen, die in Schwefelkohlenstoff eingeschlossen waren; die Erscheinung war vielfach geradezu überraschend.

Aus dem, was im Vorhergehenden über die verschiedene Wirkung der an der Unterseite des Deckglases hängenden und diesem aufgelagerten Tröpfchen berichtet wurde, erklären sich demnach auch die auf p. 71 über die Polarisation der geronnenen Tröpfchen Zulkowsky-scher Stärke mitgetheilten Erfahrungen. Auch die positive Oberflächenpolarisation der getrockneten Gefrierungs- und Eindampfungskörner der Stärke (p. 244—245) beruhte darauf, dass dieselben der Unterseite des Deckglases angetrocknet waren und daher hängend untersucht wurden.

Zu p. 83—84. Kieselgallerte und Tabaschir.

Nachträglich scheint sich mir eine Erklärung für die seltsame Thatsache darzubieten, dass sowohl die künstlich dargestellte Kieselgallerte als der sog. Tabaschir kurz vor dem völligen Austrocknen auf einige Momente eine feinere Struktur sehr deutlich zeigen. Die Erscheinung ist jedenfalls dieselbe, welche schon Brewster am Tabaschir beobachtete und auch Cohn (1887) bestätigte. Der letztere bemerkt hierüber p. 397: „Wird ein milchglasartig durchscheinendes Stück Tabaschir an die feuchte Zunge gelegt, so erscheint die Stelle, wo es sich angehängt hat, undurchsichtig kreideweiss; dasselbe geschieht, wie schon Brewster angab, wenn man einen Wassertropfen auf die Oberfläche fallen lässt, der sofort imbibirt wird. Aehnliche undurchsichtige Flecken entstehen auch an den Stellen, wo ein Tropfen einer anderen Flüssigkeit oder selbst ein Oeltropfen aufgesetzt wird.“ Die von mir beobachtete Erscheinung ist demnach der gleiche Fall, nur auf umgekehrte Weise erzielt, nämlich durch unvollständige Austrocknung nach völliger Imbibition. In beiden Fällen aber handelt es sich um unvollständige Erfüllung des Hohlräumchensystems mit Flüssigkeit.

Die gleiche Erscheinung wurde in neuerer Zeit (1896) auch von J. M. van Bemmelen [1]) an Gallerten von Kieselsäure, die durch Salzsäure aus alkalischer Lösung gefällt waren, ein-

---

[1]) van Bemmelen, J. M., Die Absorption. Das Wasser in den Kolloiden, besonders in dem Gel der Kieselsäure. Zeitschr. f. anorgan. Chemie. Bd. 13 (1896). p. 233—356.

gehender studirt. Van Bemmelen bezeichnet den Eintritt der Erscheinung, d. h. das Opak- und Trübwerden auf einem gewissen Stadium der Eintrocknung als den „Umschlag". Nach seinen Erfahrungen tritt derselbe ein bei einem Wassergehalt von 1,5—3 Molek. Wasser auf 1 Molek. Kieselsäure und einer Erniedrigung der Wasserdampfspannung auf 4,5—10 mm Quecksilberdruck. Der Eintritt der Erscheinung variirt je nach der Bereitungsart der Gallerte (Gel), dem Alter derselben und der Geschwindigkeit der Entwässerung und hängt ausserdem noch von gewissen anderen Faktoren ab. Auch die Wiederaufhellung bei fortgesetztem Eintrocknen hat van Bemmelen genauer verfolgt; dagegen konnte er nur bei einer seiner getrockneten Gallerten die umgekehrte Erscheinung bei der Aufnahme von Wasser deutlich verfolgen (p. 262). — Aus diesen Erfahrungen folgt also, dass der geschilderte Vorgang bei den Kieselsäuregallerten regelmässig vorkommt. Ob er dagegen auch anderen kolloidalen Gallerten eigenthümlich ist, wie van Bemmelen vermuthet (p. 300), scheint mir fraglich. Jedenfalls kann dies nur bei solchen der Fall sein, welche sich beim Austrocknen ähnlich der Kieselsäuregallerte verhalten, d. h. sich mit Luft oder Gas erfüllen; bei den homogen eintrocknenden organischen Gallerten dagegen findet sich Aehnliches sicher nicht.

Cohn sucht die Erscheinung mit Brewster dadurch zu erklären, dass bei der unvollständigen Imbibition nur ein Theil der Hohlräumchen (Interstitien) mit Flüssigkeit gefüllt sei, was Undurchsichtigkeit bewirke.

Mir dagegen scheint diese Voraussetzung nicht auszureichen, um zu erklären, warum bei unvollständiger Austrocknung vorübergehend eine gleichmässige Wabenstruktur so deutlich hervortritt, um dann bei völliger Austrocknung ganz oder fast ganz zu verschwinden. — Wenn nämlich die Wabenräumchen im ganz ausgetrockneten Zustand so klein sind, dass sie nicht wahrgenommen werden können, so ist auch nicht einzusehen, warum die Räumchen sichtbar werden können, wenn einzelne lufterfüllt, die übrigen dagegen wassererfüllt sind. Wie wir oben sahen, ist ja eine merkliche Veränderung des Volumens der Räumchen im wassergefüllten und lufterfüllten Zustand ausgeschlossen. Dagegen scheint mir nachfolgende Auffassung die Möglichkeit einer Erklärung darzubieten.

Wie wir vielfach an austrocknenden wabig-strukturirten Substanzen fanden, treten dabei in der Flüssigkeit der einzelnen Wabenräumchen Luft- oder Gasbläschen auf, die allmählich heranwachsen, bis die Flüssigkeit völlig geschwunden ist und die Räumchen ganz von Luft oder Gas erfüllt sind. Im unvollständig ausgetrockneten Tabaschir muss daher ein solcher Zustand vorliegen, in welchem in der Flüssigkeit der Hohlräumchen Luft- oder Gasbläschen sich finden, die kleiner sind als die Räumchen. Kann nun etwa in diesem Zustand die Struktur sichtbar sein, während sie im vollständig wasser- oder lufterfüllten Zustand unsichtbar ist? Dies scheint mir wohl möglich. Die direkte Beobachtung zeigt, dass die Wände der Hohlräumchen äusserst dünn sind und jedenfalls bei den Kieselgallerten häufig so dünn, dass sie weder im wasser- noch im gaserfüllten Zustand wahrgenommen werden können. Sind aber die Räumchen theilweise mit Wasser erfüllt, das ein Gas- oder Luftbläschen einschliesst, so ändert sich das optische Verhalten wesentlich. Zu den äusserst dünnen unsichtbaren Wänden gesellt sich nun noch beiderseits die anliegende Wasserschicht der Räumchen hinzu, sie gewissermassen verdickend. Die Struktur wird nun deutlich sichtbar, wenn auch nicht ganz richtig, da die Hohlräumchen zu klein, die Wände dagegen zu dick erscheinen. Das Bild, das wir sehen, ist eigentlich das einer sehr feinen Emulsion von Luft oder Gas in Wasser. Bei vollkommener Austrocknung wird die Struktur wegen der gänzlichen Gaserfüllung der Räumchen viel undeutlicher werden oder ganz schwinden.

Wie gesagt, scheint mir, dass diese Erklärung dem thatsächlichen Verlauf der Erscheinung am besten entspricht und mit unseren sonstigen Erfahrungen an feinwabig strukturirten Substanzen in Einklang steht.

Cohn konnte nur an den „kreideartigen und erdigen Stücken des Tabaschir“ eine Struktur, ein schwammartiges Gefüge, wahrnehmen (p. 394), in dem homogenen Tabaschir dagegen keine Spur davon. Ich bemerke deshalb, dass die von mir untersuchten Tabaschirstückchen homogen, fest, milchglasartig sind und in Wasser ganz durchsichtig werden, was die erdig-kreideartigen nicht thun sollen.

Nach Cohn's Angaben (p. 383) soll ferner „rohes Tabaschir, das eine Zeit lang an der Luft gelegen und dadurch den grössten Theil seines Wassergehalts verloren hat, sobald es wieder in Wasser gelegt wird, dieses mit so grosser Vehemenz einsaugen, dass es augenblicklich durch die heftige Luftentwickelung in kleinere Stücke gesprengt, und gleichzeitig das Zischen der entweichenden Luftbläschen und das Knallen der Sprengungen hörbar wird“. Es ist dies also ein ganz ähnliches Verhalten, wie wir es bei der eingetrockneten Kieselgallerte gefunden haben; nur kann ich nicht die Ansichten theilen, dass die „heftige Luftentwickelung“ das Zerspringen bewirke.

Die Erklärung, welche van Bemmelen für den sogen. „Umschlag“ gibt, scheint mir nur theilweise zutreffend. Wie Cohn zieht van Bemmelen die Nägeli'sche Micellartheorie zur Erklärung der Eigenschaften der kolloidalen Gallerten heran. Auf seine in mancher Hinsicht eigenthümlichen Vorstellungen über die Zusammensetzung der Gallerten aus netzig verbundenen, mit Wasserhüllen versehenen Micellen kann ich hier nicht näher eingehen. Der sogen. „Umschlag“, d. h. das Opakwerden auf einem gewissen Stadium der Austrocknung, hält van Bemmelen für eine „neue Koagulation“ (p. 308 und früher), d. h. für eine „Umwälzung im Bau“, eine Veränderung des molekularen oder micellaren Aufbaues der Gallerte. „Die Kolloidtheilchen ziehen sich auf einmal stärker zusammen und gehen in einen festeren Zustand über“ (p. 308). Hierdurch werde eine Vergrösserung der Interstitienräume bedingt, so dass dieselben nicht mehr völlig von Wasser erfüllt werden, weshalb Luft eindringe und die Trübung hervorrufe. Das Durchsichtigwerden beim weiteren Austrocknen beruhe darauf, dass „die Kolloidtheilchen und die Micellen sich wieder regelmässig nähern, so dass allmählich die leeren Räume verschwinden und der Gel (Gallerte) wieder homogen und durchscheinend wird“ (p. 309). Bei der Wasseraufnahme sollen dagegen umgekehrt „die Interstitien sich wieder vergrössern und die leeren Räume mit Wasser füllen“ (p. 309). Letzterer Vorgang müsste jedoch eine merkbares Aufquellen der entwässerten und wieder mit Wasser befeuchteten Gallerte bedingen und entsprechend müsste ein Schrumpfen der wiederbefeuchteten beim Eintrocknen eintreten. Wir konnten jedoch beim Tabaschir, der die Umschlags-Erscheinung so deutlich zeigt, nichts von einer solchen Volumenänderung erkennen. Wenn auch die zu diesem Zweck angewendete Methode keine sehr genaue ist (s. ob. p. 329), so müsste sie doch ausreichen, um die Volumschwankungen nachzuweisen, die mit den von van Bemmelen angenommenen Vorgängen verbunden sein würden.

Dazu gesellt sich, dass auf Grund der van Bemmelen'schen Erklärung bei jedem Wiederbefeuchten und Homogenwerden der Gallerte die bei dem Umschlag eingetretene „Koagulation“ aufgehoben werden und beim Austrocknen von Neuem eintreten müsste, ein Vorgang, der mir recht unwahrscheinlich vorkommt.

Auf Grund dieser Erwägungen halte ich die van Bemmelen'sche Erklärung des sogen. Umschlags für unwahrscheinlich und die von mir oben erörterte, welche eine rein physikalische ist, für wahrscheinlicher. Dass beim Eintrocknen der Kieselsäuregallerten eine Veränderung des Gerüstwerks der Wabenwände stattfindet, wobei dieselben fester werden, unterliegt wohl keinem Zweifel. Dieser Vorgang scheint mir jedoch eher im Sinne einer Kondensation als einer Koagulation zu verlaufen.

Zu p. 127. Sphäriten von kohlensaurem Kalk.

Durch ein Versehen wurde die recht charakteristische Abbildung eines Calcosphäriten mit unvollständiger äusserer Schicht in den Text nicht aufgenommen. Ich füge dieselbe hier nachträglich bei und bemerke zur Erläuterung Folgendes. Es liegt ein strahlig gebauter, geschichteter Doppelsphärit vor, auf welchen sich zuletzt eine unvollständige, etwa nur die eine Hälfte überziehende Lage angesetzt hat (a, b, c). Diese Lage besteht, wie der optische Durchschnitt bei c (tiefe Einstellung) lehrt, aus zwei Wabenschichten. Bei a sieht man etwas schief auf den freien Rand der Lage, wo sich die Radiärbälkchen der Wabenschichten ebenfalls zeigen. Bei b ist das Oberflächenbild der unvollständigen Lage (bei tiefer Einstellung) eingezeichnet und lässt den Kämmerchenbau gut erkennen. In Wasser mit Obj. 2 Oc. 12 untersucht.



Fig. 99.

Zu p. 128. Calcosphäriten.

In einer jüngst erschienenen Arbeit („Ueber die Gestaltungsverhältnisse der Haare etc." in Arch. f. Entwickelungsmechanik, Bd. 6, 1898, p. 382—393) geht Nathusius nochmals auf die Entstehung der Calcosphäriten ein. Entschiedener wie früher schliesst er sich den Anschauungen Hansen's über die nachträgliche Krystallisation und Bildung der inneren Strukturen an, obgleich er das appositionelle Wachsthum für die von ihm dargestellten Sphäriten festhält. Dagegen ist er jetzt der Ansicht, „dass die Sphärite wahrscheinlich noch nicht ganz erstarrt sind, bis die Schichtung und Krystallisation erfolgt ist" (p. 390). Die strahlige Struktur rührt auch nach ihm von feinen Krystallnadeln her (p. 386). Dass Schichtung und Strahlung durch nachträgliche innere „molekulare Differenzirung" hervorgehen, will N. hauptsächlich daraus schliessen, dass die kleinsten, erstgebildeten Körperchen homogen seien, während das Centrum der grösseren „nicht die Struktur oder Strukturlosigkeit der kleineren zeigt" (p. 388). Dass dies mit meinen Erfahrungen nicht übereinstimmt, bedarf kaum besonderer Betonung. Hervorzuheben wäre noch, dass die Ansichten von Nathusius bis zu einem gewissen Grad von der Voraussetzung beeinflusst zu sein scheinen, dass der Zusatz von Eiweiss zu den Lösungen der Kalksalze und kohlensauren Alkalien, in welchen sich die Sphäriten bilden, von erheblicher Bedeutung ist. Er hat nämlich nur auf diesem Wege Calcosphäriten dargestellt. Aus den Erfahrungen früherer Forscher und den meinigen geht jedoch genügend hervor, dass die Gegenwart von Eiweiss oder anderer Colloide zwar die Entstehung der Sphäriten begünstigen mag, dass aber weder die Art ihrer Entstehung, noch der gröbere und feinere Bau dadurch prinzipiell beeinflusst werden.

v. Nathusius ist ein sehr entschiedener Gegner jeglichen Versuchs, die Lebensvorgänge physikalisch-chemisch zu erklären. Selbst Vorgänge, wie die Schalenbildung der Vogeleier und der Mollusken, die Perlenentstehung und dergleichen, welche von vornherein relativ einfache, denen der anorganischen Natur nächstverwandte Prozesse zu sein scheinen, erachtet er für spezifische Lebensvorgänge, die physikalisch-chemisch nicht zu bewältigen seien. Hier liegt eine Verschiedenheit der grundlegenden Anschauungen vor, über die zu streiten müssig erscheint. Entscheiden können hier nur die Erfahrung, Untersuchung und das Experiment. Wenn jedoch Nathusius ganz richtig herausfühlt, dass „schliesslich die Krystallisation ein ebenso grosses Mysterium bleibt als das Leben" (p. 391), so scheint mir dies doch ein offenbarer Fingerzeig in der Richtung: weder den einen noch den anderen der beiden, von vornherein

dem Einzelnen sich aufdrängenden allgemeinen Standpunkte ausschliesslich zu betonen. Denn was die Entschleierung des „Mysteriums der Krystallisation" enthüllen wird, vermag doch auch Nathusius nicht vorauszusagen. Wie aber dann, wenn dieses und noch mehr ähnliche Mysterien verständlicher geworden sind, der Gegensatz zwischen Anorganismus und Organismus liegen wird, darüber fehlt zur Zeit jede begründete Vorstellung.

Nachträglich sehe ich, dass Nathusius in seiner Schrift meinen Standpunkt in diesen Fragen auf p. 367 Anmerkung direkt anzweifelt. Da er mir die Arbeit freundlicher Weise zugesendet und die auf mich bezügliche Stelle blau angestrichen hat, so kann ich seinem Wunsch, darauf eine Antwort zu erhalten, nicht widerstehen und lasse dieselbe hier folgen. Die betreffende Stelle bei Nathusius lautet folgendermassen:

„Würde also die neuerdings von Bütschli ausgesprochene kühne Voraussage, dass wenn auch erst nach Jahrhunderten das Mysterium der Lebensvorgänge in physikalische und chemische Komponenten aufgelöst werden würde, wirklich erfüllt, so wären wir damit der wissenschaftlichen Lösung des Problems vom Ursprung und vom Wesen der Naturdinge nicht um eines Haares Breite näher gekommen, denn die physikalischen und chemischen Vorgänge sind ein in der Zeit ebenso unergründliches Mysterium als das Leben."

Gegen diese Meinung dürfte schwerlich etwas einzuwenden sein; doch frage ich, was sie mit mir und meinen Bestrebungen zu thun haben soll? Habe ich etwa die Absicht geäussert und die Prätension gehabt, „den Ursprung und das Wesen der Naturdinge" zu erforschen oder aufzuklären. Wer über derartige Fragen nachgedacht hat, dem ist klar, dass die Erforschung der letzten Gründe ein eitles Unternehmen ist, und ich gehöre jedenfalls nicht zu denen, welche sich um dergleichen bemühen. Was ich unter naturwissenschaftlicher Erklärung verstehe, das habe ich bei verschiedenen Gelegenheiten ausgesprochen, am eingehendsten wohl in meiner kleinen Schrift über „Hypothese und Beobachtung". Ich verstehe darunter die kausale Ableitung einer unbekannten Erscheinung aus einer anderen bekannten, über deren letzte Gründe ich mir keine Sorgen mache. Wenn es auf solche Weise auch nur gelingt, einen mehr oder minder grossen Antheil der Lebensvorgänge von bekannten physikalischen und chemischen Erscheinungen kausal herzuleiten, so erblicke ich darin einen gewaltigen Fortschritt unserer Erkenntniss; obgleich damit das „Problem vom Ursprung und Wesen der Naturdinge nicht um eines Haares Breite" gelöst wird. Denn wer über die letzten Gründe eine Aufklärung verlangt, der muss sich, wie ich bemerkt habe, „mit einer Annahme oder einer Hypothese zufrieden geben".

Zu p. 138. Wabenstruktur krystallisirter anorganischer Verbindungen. Wabenstruktur der erhitzten, ihres Wassers beraubten Zeolithe.

Es war lange bekannt, dass die eigenthümlichen wasserhaltigen Silikate, welche als Zeolithe bezeichnet werden, ihr Wasser beim Erhitzen theilweise oder völlig verlieren und dabei trübe opalisirend werden. Schon 1890 beobachtete jedoch Rinne, dass die trübe gewordenen Stückchen oder Plättchen in Oel und Kanadabalsam wieder ganz durchsichtig werden. 1896 veröffentlichte G. Friedel[1]) eingehende Untersuchungen über diesen Gegenstand und zeigte, dass an Stelle des ausgetriebenen Wassers eine grosse Zahl Substanzen von den entwässerten Zeolithen aufgenommen werden können, so Ammoniak, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, Siliciumfluorid, Siliciumchlorid, Alkali-Silikate, Alkohol und Farbstoffe. Friedel spricht sich über diese Fähigkeit der entwässerten Zeolithe schliesslich dahin aus: „Dass der Kern der

1) S. Compt. rend. Ac. sc. Paris. T. 122 (1896) p. 948 u. 1006 und Bullet. soc. franc. minéralogie. T. 19 (1896) p. 94.

Zeolithe die Fähigkeit besitzt, nach der Austreibung des Wassers beliebige Gase und Flüssigkeiten wie ein Schwamm aufzusaugen"[1]).

Beim Lesen dieses Berichts schien mir die Möglichkeit sehr nahe gerückt, dass dies merkwürdige Verhalten der entwässerten Zeolithe auf einer sehr fein-schwammigen oder -wabigen Struktur beruhen müsse, wie ich sie ja bei verwitterten Salzen deutlich beobachtet hatte (s. oben phosphorsaures Natron und essigsaures Blei p. 95 und p. 99). Die Eigenschaften der entwässerten Zeolithe erinnerten auch in vieler Hinsicht an Tabaschir und die feinwabige Grundsubstanz der porösen Thonzelle.

Eine Diskussion dieser und verwandter Fragen im Heidelberger naturhistorischen Verein gab schliesslich den Anstoss, dass ich wenigstens eine flüchtige Prüfung eines Zeoliths, des Analcims, vornahm. Das Material wurde mir in freundlicher Weise von Herrn Dr. Salomon aus dem Heidelberger mineralogischen Institut geliefert. Die nachfolgend kurz darzulegenden Untersuchungen wurden an Stückchen grosser Analcimkrystalle aus Phonolith von Aussig in Böhmen angestellt.

Erhitzt wurden die Stückchen theils im Platintiegel über der Gasflamme, theils direkt in der Flamme; die erzielte Trübung war recht deutlich, wenn auch nicht gerade sehr stark. Die Untersuchung geschah in kleinen Splittern, welche durch Zertrümmern erhalten waren, und in Wasser. Da sich dabei schon ganz klare Resultate ergaben, so konnte einstweilen auf die beabsichtigte Herstellung von Dünnschliffen verzichtet werden. Ich kann das Ergebniss meiner nur orientirenden Untersuchungen kurz zusammenfassen. An vielen Splittern wurde eine feine, häufig sehr deutliche wabige Struktur beobachtet. Dieselbe war theils unregelmässiger wabig, theils schön regelmässig parallelstreifig-wabig. An den ganz minutiösen Bruchstückchen und Splittern liessen sich häufig sogar die zackig frei heraustretenden, abgebrochenen Wabenwände beobachten. Ganz allmähliche Uebergänge der feinen Struktur in anscheinend homogene Partien liessen sich vielfach beobachten und dürften auch hier beweisen, dass letztere Partien fein strukturirt sind. In den homogenen Partien bemerkt man häufig fadenartige, gebogen ziehende, auch verzweigte, bei tiefer Einstellung dunkle Gebilde. Genauere Untersuchung lehrt, dass dieselben in der Regel ein- oder doppelseitig von einer Reihe feiner Waben gesäumt werden. In ganz ähnlicher Weise sieht man auch in deutlich wabig strukturirten Partien häufig dunklere fadenartige Gebilde, welche nichts anderes sind als etwas kräftiger hervortretende, hintereinandergereihte Züge von Wabenwänden. Diese Erfahrungen sprechen gleichfalls dafür, dass auch die anscheinend homogenen Partien sehr feinwabig strukturirt sind.

Auf Grund dieser Ergebnisse zweifle ich daher nicht, dass das eigenthümliche Verhalten der entwässerten Zeolithe in der That auf einer äusserst feinwabigen Struktur beruht, ähnlich der des Tabaschirs und des Grundmagmas der Thonzellen (s. unten p. 384).

Auf die Frage näher einzugehen, in welcher Form sich das Wasser in den ursprünglichen, nicht erhitzten Zeolithen befindet, fehlt mir die Kompetenz. Dagegen muss ich es nach meinen Erfahrungen als unzutreffend erachten, wenn man von den verschiedenartigen Substanzen, welche die entwässerten Zeolithe aufzusaugen vermögen, als Krystallalkohol, Krystallkohlensäure u. s. f., analog dem echten Krystallwasser, reden zu dürfen glaubt.

Zu p. 142. Fällung sehr verdünnter Lösungen kolloidaler Substanzen.

Im Abschnitt IV wurde ausführlich über die Fällung konzentrirter Lösungen kolloidaler Substanzen und die dabei eintretenden Entmischungsprozesse mit Bildung von Schaum-

---

[1]) Da mir die Hauptarbeit Friedel's nicht zugänglich, zitire ich nach dem Referat in der „Naturwissensch. Rundschau". Bd. 11. p. 472.

strukturen gehandelt. Als Ergänzung wäre eigentlich nöthig gewesen, auch die Fällung stark verdünnter Lösungen zu untersuchen. Es geschah dies früher leider nicht; erst die auf p. 142 vorgetragenen Erwägungen gaben Veranlassung zu einigen solchen Versuchen, die jedoch viel genauerer Verfolgung bedürfen.

Obgleich ich mir daher völlig bewusst bin, dass die bis jetzt gesammelten Erfahrungen über diese recht schwierige Frage sehr unzureichend sind, muss ich doch das bis jetzt Ermittelte kurz verzeichnen.

1. Sehr stark verdünnte Gelatinelösung giebt mit dem mehrfachen Volumen absoluten Alkohol vermischt eine milchweisse Flüssigkeit. Schon nach sehr kurzer Zeit beginnt diese sich jedoch zu klären, indem sich auf dem Boden und an den Wänden des Gefässes weisse flockige Masse ab- oder ansetzt. In recht kurzer Zeit ist so alle ausgefällte und ursprünglich gleichmässig durch die Flüssigkeit vertheilte Gelatine zu flockigem Gerinnsel vereinigt und die Flüssigkeit ganz klar geworden.

Die mikroskopische Untersuchung des Gerinnsels ergiebt, dass es aus unzähligen grösseren und kleineren, bis feinsten erstarrten Tröpfchen besteht, die sich in grösseren oder geringeren Mengen durch theilweise Verschmelzung untereinander vereinigt haben. Von Vereinigungen weniger Tröpfchen oder Globuliten zu fadenartigen bis verzweigten Verbänden findet man alle Uebergangsstufen bis zu umfangreichen Netzwerken, deren Gerüstbälkchen aus den erstarrten, mehr oder minder verschmolzenen Tröpfchen bestehen. Es ist ganz klar, dass es sich in diesem Falle um wirkliche Netzgerüste handelt, deren Maschen schwammartig und allseitig mit einander kommuniziren. Diese Netzwerke sind theils gröberer Natur, theils dagegen auch sehr feiner. Im letzteren Fall ist an den feinen Gerüstbälkchen eine Zusammensetzung aus Globuliten häufig nicht mehr zu erkennen.

Wenn in diesem Falle auch klar ist, dass wenigstens die gröberen Netzwerke durch nachträgliche Vereinigung der anfänglich getrennten Tröpfchen entstanden sind, so ist doch nicht ganz verständlich, wie diese Tröpfchen selbst entstanden. Eine Anzahl Versuche, welche ich über die Ausfällung so stark verdünnter Gelatinelösungen durch Alkohol zwischen Objektträger und Deckglas angestellt habe, lassen mir die Möglichkeit nicht ausgeschlossen erscheinen, dass die Tröpfchen das Resultat weitgehender Zerstörung eines ursprünglichen Schaumwerks sind. Sicher ist wenigstens, dass man bei diesem Verfahren zuweilen zweifellos schaumig strukturirte Ausfällungen erhält, ja trotz der starken Verdünnung der Gelatinelösung ganz schöne, äusserst dünne Niederschlagsmembranen von hübsch wabigem Bau. Wie bemerkt, bereiten diese Versuche aus verschiedenen Gründen viel Schwierigkeiten. Ich hoffe, sie weiter ausführen zu können.

2. Sehr verdünnte Lösung von Gummi arabicum verhält sich beim Vermischen mit dem mehrfachen Volumen absoluten Alkohol im Allgemeinen ebenso wie Gelatinelösung. Auch hier tritt sehr bald Klärung der milchigen Flüssigkeit und Absetzen des Gummis als flockiges Gerinnsel ein. Das Gerinnsel unterscheidet sich jedoch von dem der Gelatine dadurch, dass es nie gröbere erstarrte Tröpfchen enthält, sondern nur feinste Globuliten. Nur relativ wenige derselben sind jedoch frei; das Gerinnsel besteht vielmehr aus einem sehr feinen netzigen Gerüstwerk, welches hinsichtlich der Feinheit und Zartheit der Struktur ganz mit den feinen Gummischäumen übereinstimmt, welche man aus konzentrirten Lösungen durch Alkoholgerinnung erzielt. Die Bälkchen dieses zarten Gerüstwerks sind ferner auch nicht globulitisch gebaut, sondern äusserst zart und strukturlos. Ueberhaupt macht das Gerüstwerk bei genauester Untersuchung häufig durchaus den Eindruck eines Schaumwerks, welches jedoch vielfach zerrissen ist. Dieser Eindruck wird dadurch verstärkt, dass manche Maschenräumchen durch ihr etwas dunkleres Aussehen erkennen lassen, dass sie auch in der Fläche von feinen Lamellen abgeschlossen sind.

3. Eine sehr verdünnte Lösung von Collodium ergab bei Fällung mit viel Wasser ebenfalls zunächst eine milchige Flüssigkeit, die sich sehr rasch durch Gerinnselbildung klärte. Diese Gerinnsel sind ungefärbt ungemein blass; es bedurfte starker Färbung mit Dahlia, um ihren Bau festzustellen. Derselbe ergab sich als ein sehr feinwabiger, ohne grössere Tröpfchen, Globuliten oder dergleichen.

Aus den mitgetheilten Erfahrungen geht jedenfalls sicher hervor, dass die ursprünglich gleichmässig durch die Flüssigkeit vertheilten Ausscheidungen, welche anfänglich zweifellos äusserst feine, zähflüssige Tröpfchen sind, eine ganz ausgesprochene Neigung haben, sich zu gröberen oder feineren, bis feinsten netzigen Gerüsten zu vereinigen. Bei Gummi und Collodium kann ich sogar nicht daran zweifeln, dass auf solche Weise feinste wirkliche Wabengerüste entstehen können. Der Vorgang dabei ist zwar nicht ganz einfach zu beurtheilen, da ja die erstausgeschiedenen Tröpfchen aller Wahrscheinlichkeit nach nicht aus reiner Substanz bestehen, sondern noch Lösungsmittel enthalten, weshalb auch noch weitere Entmischungen möglich sind.

Jedenfalls aber sprechen diese Erfahrungen sehr für eine ausgesprochene Neigung der Globuliten zur Vereinigung in netzartigen Verbänden, so dass die auf p. 142 gemachte Voraussetzung eine gewisse Begründung erhält.

Zu p. 141 und p. 232. Ueber die Mikrostruktur der porösen Thonzellen.

Da es mir von Wichtigkeit schien, die zur Filtration der Stärkelösungen und zu anderen Versuchen benutzten Thonzellen einer genaueren mikroskopischen Prüfung zu unterziehen, so habe ich darauf einige Zeit verwandt. Natürlich handelte es sich nur darum, einen orientirenden Einblick in die Struktur zu gewinnen, nicht jedoch um ein tieferes Studium. Von den so vielfach in der Praxis angewendeten und zu Versuchen über Porosität, Imbibition, Osmose etc. ausgiebig verwertheten Thonzellen heisst es fast überall einfach, sie seien feinporös. Eine wirkliche Ergründung ihres Baues scheint dagegen von denen, welche sie zu Versuchen vielfach benutzten, nicht angestrebt worden zu sein.

Dünnschliffe lassen sich sehr leicht herstellen, jedoch kaum dünn genug, um die äusserst feine Struktur genügend ermitteln zu können. Einfacher und besser ist es daher, feinste Splitterchen, wie sie sich durch Zertrümmern kleiner Partikel leicht gewinnen lassen, in Wasser oder, nach Färbung mit Methylenblau, auch in Kanadabalsam eingebettet zu untersuchen. Beide Verfahren lehren, dass es sich um eine Grundsubstanz oder ein Magma handelt, in welches zahlreiche farblose, krystallartige Partikel dicht eingebettet sind. Auch die Grundsubstanz ist farblos, enthält jedoch ziemliche Mengen brauner bis schwärzlicher, kleiner, körnchenartiger, bis etwas grösserer und dann manchmal auch krystallartiger Einlagerungen. Letztere bleiben jedoch in der Regel viel kleiner als die farblosen krystallartigen Einschlüsse, welche mit der Grundsubstanz zusammen die Hauptmasse bilden. — Die farblosen, krystallinischen Einschlüsse erscheinen strukturlos, abgesehen von hie und da in sie eingestreuten Gasporen. Die Grundsubstanz dagegen, in welche sie eingebettet sind, ist sehr fein wabig-globulitisch strukturirt und zeigt etwa das Bild, welches wir bei der wabig-globulitischen Cellulose (s. Taf. 18 Figg. 7 u. 10), oder der wabig-globulitischen Stärke (s. Taf. 22 Fig. 1) so vielfach gefunden haben. Es ist sehr schwierig, diese ungemein feine blasse Struktur zu erkennen. Doch kann man sich bei Untersuchung feinster Splitter im Wasser von ihrem Bau sicher überzeugen. Auch die mit Methylenblau gefärbten Partikel helfen dabei einigermassen, obgleich die Färbung an den feinsten Splittern sehr blass ist. Dabei zeigt sich, dass die Färbung ganz homogen erscheint wie bei einer organischen gefärbten Substanz. Die überzeugensten Bilder geben jedoch

wieder Stellen der in Kanadabalsam eingelegten Schliffe, wo die Grundsubstanz lufthaltig geblieben ist und ihre feinwabige Struktur daher vortrefflich hervortritt. Ob zwischen den eingelagerten homogenen krystallartigen Partikeln und der Grundsubstanz ein substanzieller Unterschied besteht, oder ob die ersteren nur dichtere krystallinische Partien der Grundsubstanz sind, was nicht unmöglich wäre, kann nur durch eingehendere Untersuchung ermittelt werden.

Es ist klar, dass die Durchlässigkeit der Thonzellen für Flüssigkeiten nur durch die Grundsubstanz vermittelt wird. Diese Grundsubstanz ist nun so äusserst feinkämmerig strukturirt, dass, selbst wenn die Kämmerchen theilweise untereinander kommuniziren, die Möglichkeit ausgeschlossen scheint, dass auch sehr feine körperliche Elemente die einige Millimeter dicke Wand einer solchen Thonzelle zu passiren vermögen. Die Körperchen müssten sich in diesem Labyrinth feinster Art festsetzen und es verstopfen.

Es schien mir nicht unwichtig, die Durchlässigkeit der benutzten Thonzellen für sehr feine körperliche Elemente zu prüfen. Dazu wurde mit Wasser angeriebene gute chinesische Tusche verwendet. Die Aufschlämmung derselben geht fast ohne Rückstand durch das beste Papierfilter. Hieraus sowohl, als aus der mikroskopischen Untersuchung geht hervor, dass die Tuschekörnchen ungemein fein sind. Wurde nun eine durch Papier filtrirte Tuscheaufschwemmung durch die Thonzelle vor der Wasserluftpumpe filtrirt, so ergab sich, dass auch nicht eine Spur der Tuschekörnchen in die Wand der Thonzelle eingedrungen war; alle Tusche hatte sich auf der Innenwand der Thonzelle in einer tiefschwarzen Schicht angesammelt; die Bruchflächen der zerschlagenen Thonzelle waren blendend weiss, ohne jede Spur eingedrungener Tusche. Die durchgegangene Flüssigkeit war vollkommen wasserklar, doch eine Spur gelblich.

Versuche, die zuvor mit käuflicher, sogen. flüssiger Tusche angestellt wurden, hatten dagegen ein Eindringen der schwarzen Flüssigkeit und schwaches Durchgehen durch die Thonzelle ergeben; woraus ich entnehme, dass dies Produkt auch einen gelösten schwarzen Farbstoff enthält.

Aus diesen Versuchen darf ich endlich schliessen, dass die von mir benutzten Thonzellen und Thonkölbchen (die aus der gleichen Fabrik stammten) keine grobporösen waren, wie A. Meyer annehmen will (1896), und dass sie vollkommen geeignet waren zur Filtration der Stärkelösungen und zur Zurückhaltung feinster darin suspendirter Stärketheilchen.

Zu p. 280—282. Jodfärbung der Stärkekörner.

Die von mir selbständig gefundene Erscheinung, dass jodgefärbte Stärkekörner in heissem Wasser nicht quellen, kannte schon C. Nägeli (1858 p. 91) und nach ihm schon früher Schacht. — Die auf p. 282 mitgetheilte, schon von Maschke beobachtete Erscheinung, dass in kochendem Wasser gequollene Körner von Weizenstärke mit Jod braun werden, konnte, wie ich nachträglich sehe, C. Nägeli (1858 p. 182) nicht bestätigen. Gegenüber dieser abweichenden Erfahrung möchte ich daher nochmals betonen, dass jene Beobachtung, welche ich ohne Kenntnis der Maschke'schen Arbeit machte, vollkommen sicher ist.

Verschiedene, sich zum Theil widersprechende Angaben in der Litteratur einerseits, wie andererseits die eigenthümliche, vielumstrittene Angelegenheit der sogen. Jodstärke veranlassten mich, in letzterer Zeit selbst einige Versuche und Nachprüfungen vorzunehmen. Verwendet wurde dazu Arrow-root-Stärke, die einige Zeit mit verdünnter Jodtinktur geschüttelt wurde, bis alle Körner rein und schön blau gefärbt waren. Darauf wurde sie in einer Schale 4 mal mit viel Wasser ausgewaschen und bei 40° getrocknet. Diese trockene Jodstärke ist rein blau und gleicht Lackmus. In einem zugepfropften Röhrchen aufbewahrt zeigt sie seit 2 Monaten keinerlei Neigung zur Veränderung.

1. Da Mylius (1887 p. 331) angiebt, dass die aus Stärkelösungen durch Schwefelsäure ausgefällte blaue Jodstärke beim Trocknen im Vakuum rothbraun werde, was von dem Verlust des Krystallwassers herrühre, so habe ich die blaue Arrow-root-Stärke verschiedenemale vor der Wasser- oder Handluftpumpe über Schwefelsäure getrocknet; zuletzt vor der Quecksilberluftpumpe 7 Tage bei 2—5 mm Quecksilberdruck, ohne jedoch eine irgendwie erhebliche Farbenänderung zu erzielen. Bei der letzterwähnten, lange getrockneten Probe war die Farbe höchstens ein wenig mehr violett geworden.

2. Erhitzung bei 100°. Eine Probe wurde im Uhrglas im Wärmeschrank bei 100° 57 h. lang erhitzt; die Temperatur blieb meist etwas unter 100° (97—99°) und stieg sicher nie über 102°. Zum Vergleich wurde daneben ein Uhrglas mit gewöhnlicher Arrow-root-Stärke derselben Erhitzung unterworfen. Nach dieser langen Erhitzung war die Farbe der Jodstärke zwar recht merklich abgeschwächt, jedoch noch schön blauviolett, keine Spur braun. Bei vorsichtigem Befeuchten mit Wasser wurden die Stückchen dunkler, jedoch nicht rein blau. Wurde nun die Stärke mit kaltem Wasser übergossen, so zeigte sich, dass fast alles zu schwach-röthlicher Flüssigkeit gelöst wurde, welche leicht und klar filtrirte. Bei successivem Zusatz schwacher Jodtinktur färbte sich die Lösung veilchenblau, violett und schliesslich rothbraun. Beim Abdunsten des Jods wiederholten sich die Farben in umgekehrter Reihenfolge. Zusatz von festem Chlorkalium im Ueberschuss zu der jodhaltigen Lösung ergab keine blaue Ausfällung. Auf dem Wasserbad oder über Schwefelsäure getrocknet blieb ein glasiger, gummiartiger, zersprungener Rückstand, der sich in beiden Fällen in kaltem Wasser völlig löste. Die Lösung mit 3 Vol. absol. Alkohol versetzt, gab syrupöse Ausfällung, die sich in kaltem Wasser völlig löste und die vorhin angegebene Jodfärbung zeigte. Die Eigenschaften erweisen jedenfalls, dass die so lange erhitzte Jodstärke in ihrer Hauptmasse zu einem dextrinartigen Körper umgewandelt ist.

3. Die ebenso lange erhitzte, nicht jodgefärbte Probe der Arrow-root-Stärke erwies sich gleichfalls sehr wesentlich verändert. Mit etwas kaltem Wasser übergossen ging schon eine recht merkliche Menge Substanz in Lösung. Die Lösung färbte sich mit Jod successive blau, purpurfarbig und schliesslich braun. Der nicht gelöste, viel ansehnlichere Theil ging beim Erwärmen mit Wasser fast vollständig in Lösung ohne Kleisterbildung. Die Lösung filtrirte leicht und war nur eine Spur opalisirend. Mit Jod färbte sie sich tief blau, bei viel Jodzusatz mit Stich in's Violette. Aus der jodversetzten Lösung fällten Chlorkalium oder Schwefelsäure die Jodstärke aus. Beim Eintrocknen auf dem Wasserbad und bei gewöhnlicher Temperatur verhielt sich die Lösung ganz wie die der Zulkowsky'schen Stärke (s. oben p. 292). Diese Lösung ist daher jedenfalls eine nur wenig verunreinigte Amyloselösung. Eine Prüfung ergab, dass die benutzte Arrow-root-Stärke, feucht auf blaues Lackmuspapier gestrichen, dieses nicht kenntlich bläut, dass sie also keine merkbaren Mengen von Säure enthält.

Die geschilderten Erfahrungen über die Umwandlung der Stärke in eine lösliche Modifikation durch längeres Erhitzen auf 100° bestätigen eine alte Mittheilung von Maschke (1854 p. 5 ff.), der fand, dass lufttrockene Kartoffelstärke durch achttägiges Erhitzen auf 100° die Fähigkeit verliert, Kleister zu bilden, und dass sie sich beim Kochen grossentheils auflöst.

4. Absoluter Alkohol entzieht der Jodstärke im Röhrchen allmählich das Jod. Dies geschieht jedoch trotz häufigen Schüttelns sehr langsam. Es dauerte ca. 12—14 Tage, bis die Farbe durch blauviolett in violett und schliesslich in schwach kaffeebraun bis fleischfarbig übergegangen war. Beim Anfeuchten mit Wasser wird diese bräunliche Stärke ziemlich tief blau. Hierauf wurde der Alkohol gewechselt; die Farbe wird in einigen Tagen lichter und schwindet endlich ganz. 50% Alkohol entfärbt viel rascher; schon nach ca. 7 Tagen ist die Stärke völlig weiss geworden. Dies beruht vermuthlich auch darauf, dass das ausgezogene Jod unter diesen Umständen verhältnissmässig rasch zerstört wird.

5. Wasser. Jodstärke mit Wasser im zugestopften Röhrchen am Lichte entfärbt sich sehr langsam. Zwar ist die oberste Schicht schon nach 24 h fast entfärbt; doch schreitet der Prozess trotz häufigen Schüttelns recht langsam fort. Nach ca. 14 Tagen ist der grösste Theil der Stärke noch stark blau gefärbt. Die Angabe C. Nägeli's (1862 p. 300), dass Wasser die Jodstärke viel rascher entfärbt als Alkohol, kann sich daher nur auf offen in Wasser befindliche Jodstärke beziehen [1]).

6. Aether. Entzieht der Jodstärke ziemlich rasch das Jod; nach ca. 8 Tagen zeigt die Stärke nur noch einen Stich in's Violette. Beim Anfeuchten mit Wasser wird die Farbe dunkler violettblau, doch nicht mehr rein blau. Darauf Erneuerung des Aethers; nach ca. 4 Tagen kaum noch eine Spur violett. Nach weiteren 8 Tagen schneeweiss und bleibt so bei Uebergiessen mit Wasser.

7. Chloroform. Entzieht der lufttrockenen Jodstärke keine merkbare Spur Jod. Die Stärke schwimmt auf der Oberfläche des Chloroforms und ist nach 4 Wochen noch so intensiv gefärbt wie ursprünglich, auch hat das Chloroform keine Spur von Farbe angenommen.

Wird die Jodstärke zuerst mit absolutem Alkohol befeuchtet, dieser abgegossen und darauf in Chloroform gebracht, so bleibt die Stärke auf dem Boden. Daraus geht hervor, dass das dauernde Schwimmen der lufttrockenen Stärke in Chloroform jedenfalls darauf beruht, dass die Porenräume von Chloroform nicht völlig erfüllt werden. Aber auch aus der zuvor mit Alkohol angefeuchteten Stärke zieht das Chloroform in 20 Tagen keine Spur Jod aus. Die unter Ziff. 1 erwähnte, 7 Tage lang getrocknete Jodstärke sank in Chloroform sofort zu Boden; auch aus ihr wurde in 20 Tagen keine Spur Jod ausgezogen. Nach einigen Tagen Verweilen in Chloroform stieg sämmtliche Stärke an die Oberfläche. Nach ca. 15 Tagen begann sie wieder zu sinken. — Die rein indigoblaue Farbe der ursprünglichen Jodstärke wird von dem Chloroform in blauviolett geändert. Auch die mikroskopische Betrachtung zeigt dies sehr gut und lässt gleichzeitig wahrnehmen, dass der Riss im Centrum der meisten Körner trotz der langen Behandlung mit Chloroform noch gashaltig ist. — Als eine sehr merkwürdige Erscheinung erwies sich das obenerwähnte Schwimmen oder Sinken der Arrow-root-Körner in Chloroform, was für die im Vakuum getrockneten, in Chloroform versetzten schon angedeutet wurde. Auch die bei 40° getrocknete Jodstärke zeigte Entsprechendes. Wie angegeben, schwamm sie ursprünglich an der Oberfläche. Nach 4 Wochen begann sie jedoch zu sinken, so dass bald alle Stärke auf dem Boden versammelt war. Natürlich schien mir dies darauf zu beruhen, dass die Erfüllung mit Chloroform allmählich vollständiger geworden war. Sonderbarerweise erhob sich jedoch alle Stärke nach einigen Tagen wieder an die Oberfläche. Dies brachte mich auf die Vermuthung, dass das Sinken durch die während jener Tage besonders hohe Sommertemperatur hervorgerufen sein könnte. Darauf gerichtete Versuche haben dies sowohl für die lufttrockene, als für die im Vakuum getrocknete Jodstärke bestätigt. Es genügt das Röhrchen in der Hand zu erwärmen, um sämmtliche Stärkekörner auf den Boden sinken zu machen. Wird das Röhrchen dann im Wasser von 10—12° gestellt, so steigen die Körner sofort rasch an die Oberfläche. Der Grund dieses seltsamen Verhaltens wird nur durch genaueren Versuch zu ermitteln sein. Da die zuvor mit Alkohol kurz behandelte und dann in Chloroform übergeführte Stärke unveränderlich auf dem Boden des Röhrchens verweilt, so liegt die Vermuthung nahe, dass die Erscheinung mit gashaltigen Räumen in den Körnern zusammenhängt.

8. Ganz ebenso wie Chloroform scheint sich Xylol zu verhalten. Obgleich es Jod energisch und wie Chloroform mit rother Farbe auflöst, entzieht es der Jodstärke das Jod nicht merkbar. Zwar wurde der Versuch vorerst nur einige Tage fortgesetzt, doch zeigt sich keine

1) Zu diesen und den entsprechenden Versuchen wurde stets eine gute Messerspitze der Jodstärke auf 5 ccm der Flüssigkeit in zugekorktem Röhrchen verwendet.

Abnahme der Farbe der tief blau-violett gewordenen Jodstärke. Dagegen hat sich das Xylol im Gegensatz zum Chloroform eine Spur rosa gefärbt.

9. Färbung der lufttrockenen Stärke mit in Alkohol, Aether oder Chloroform gelöstem Jod. In allen diesen Lösungen färbt sich die Stärke langsam braun bis braunviolett, in Chloroform relativ am schwächsten, doch ganz deutlich. Wie gesagt, geschieht die Färbung sehr langsam; es erfordert etwa 8 Tage oder mehr, bis sie gut ausgesprochen ist. Dass es sich wirklich um eine schwache Färbung handelt, nicht etwa nur eine scheinbare, hervorgerufen durch die Imbibition der Körner mit Jodlösung, ergiebt sich daraus, dass die Färbung bei mehrmaligem Auswaschen mit reinem Lösungsmittel erhalten bleibt, wenn auch etwas abgeschwächt. Nach zweimaligem Auswaschen mit Alkohol erschienen die in alkoholischer Lösung gefärbten Körner in dickerer Schicht schwach braun bis fleisch-farbig. Bei Untersuchung unter dem Mikroskop zeigten jedoch die einzelnen Körner gar keine Farbe; nur da, wo sie in Menge übereinander lagen, trat der bräunlich-fleischfarbene Ton deutlich hervor. Doch waren sehr vereinzelte schwach-violette Körner unter den farblosen zerstreut. Der Alkohol wurde nun successive durch 95 %, 50 %, 20 %, 10 % und schliesslich durch Wasser ersetzt. Schon in 95 % Alkohol war die Farbe schwach, doch deutlich violett und wurde um so intensiver und mehr blauviolett, je mehr der Wassergehalt des Alkohols stieg. Erst in reinem Wasser trat jedoch der rein blaue Ton hervor. Unter dem Mikroskop war die blaue Farbe der einzelnen Körner kaum wahrzunehmen, nur vereinzelte waren intensiver blau (jedenfalls diejenigen, welche auch schon im Alkohol deutlich violett gefärbt waren).

Die in ätherischer Jodlösung gefärbten Körner waren entschieden violetter als die mit Jodalkohol behandelten. Beim Auswaschen mit Aether wurde die Farbe noch entschiedener violett. Der verwendete Alkohol und Aether waren mit wasserfreiem schwefelsaurem Kupfer möglichst von Wasser befreit.

Zu p. 294—299. Reaktionen des Amylodextrins.

Zu den nachfolgenden Versuchen wurde ein ganz reines Amylodextrin verwendet, das ich im Laufe des Winters 1897/98 aus 280 g Arrow-root darstellte. Nach W. Nägeli (1874) wurden dieselben mit 1200 g Salzsäure von 12 % ClH in grossem Kolben vom 12. August 1897 bis 29. Januar 1898 behandelt. Der sehr gut ausgewaschene Rückstand löste sich beim Kochen mit viel Wasser keineswegs vollständig. Die Lösung gab jedoch reichlich Amylodextrin, das durch Alkoholbehandlung, ähnlich wie oben p. 294 angegeben, gereinigt und schliesslich aus der wässrigen Lösung durch Ueberschichten mit viel absolutem Alkohol langsam ausgefällt wurde. Der in kochendem Wasser ungelöste Rückstand wurde noch zweimal nacheinander mit viel 60 % Alkohol ausgekocht; jedesmal enthielt die Lösung reichlich Amylodextrin; ich bin daher der Meinung, dass weitere Auskochungen immer neues Amylodextrin ergeben hätten, d. h., dass die Stärkereste bei jedem erneuten Kochen weiter in Amylodextrin übergeführt worden wären.

Das so gewonnene, ganz reine Amylodextrin, welches im krystallisirten Zustand bei Behandlung mit Jodtinktur keine Spur von sich blau oder roth färbenden Verunreinigungen zeigt, und dessen Wasserlösung durch Jodtinktur oder Jodkrystall rein braun gefärbt wird, ergab bei der Untersuchung alle Reaktionen, welche oben als charakteristisch für die feste krystallinische Substanz geschildert wurden, so dass diese sich neuerdings vollkommen bestätigten.

Mit diesem reichlicheren Materiale liessen sich jedoch auch die Reaktionen der Lösung genauer prüfen, besonders die Jodreaktion, über die schon W. Nägeli sehr interessante Mittheilungen gemacht hat. Mir schienen diese Angaben früher nicht ganz sicher, da Nägeli

meist kein ganz reines Material verwendete, und ich die Gefahr der Verunreinigung nach dem, was A. Meyer (1895) darüber sagt, wohl etwas überschätzte.

Im Folgenden verzeichne ich die Ergebnisse dieser Prüfung, wobei ich bemerke, dass sich die Uebereinstimmung der meisten Befunde mit denen Nägeli's nach Abschluss der Untersuchung ergab.

1. Mit Jodtinktur oder Jodkrystall rein braune, nur in sehr verdünnter Lösung mehr weinrothe Färbung. Stärkere Lösungen mit Jod schliesslich ganz undurchsichtig braun.

2. Trocknet man die Lösung mit Jod ein, so dass sie jodgesättigt bleibt, am besten daher so, dass man ein Jodkryställchen in den eintrocknenden Tropfen giebt, so erhält man einen tief blauen Rückstand. Dies hat schon W. Nägeli (p. 64) gut beobachtet. Im Gegensatz zu ihm finde ich nie braune bis gelbe Stellen, die er auf Wirkung gebildeten Jodwasserstoffs zurückführt. Bei A. Meyer (1891) finde ich nichts über die Eintrocknung mit Jod. — Verfolgt man das Eintrocknen unter dem Mikroskop, so bemerkt man, dass viel Amylodextrin unverändert auskrystallisirt und die blaue Masse soweit sichtlich als amorphe Substanz ausgeschieden wird, in welche das auskrystallisirte Amylodextrin eingebettet ist.

3. Wird die Lösung mit Jod soviel wie möglich gesättigt, so erfolgt selbst bei tagelangem Stehen mit Jodkrystall keinerlei Ausscheidung.

Die jodgefärbte Lösung entfärbt sich schon bei sehr gelindem Erwärmen (ebenso Nägeli).

4. Setzt man zu der braunen Lösung von Jodamylodextrin festes Chlorkalium, Chlorammonium oder schwefelsaures Kali im Ueberschuss, so wird sie sofort tief blau, und nach einigen Stunden ist die Hauptmenge des Amylodextrins aus der Lösung als tiefblauer, der Jodstärke vollkommen gleichender Niederschlag ausgefallen. Diese Beobachtung hat schon W. Nägeli (p. 65) gemacht, der fand, dass Chlornatrium, Chlorbaryum, schwefelsaures Magnesium, schwefelsaure Thonerde und essigsaures Natrium die ebengeschilderte Wirkung ausüben. Hieraus geht hervor, dass jedenfalls noch sehr viele andere Salze dasselbe thun. A. Meyer geht auf dieses Verhalten nur ganz kurz ein, indem er Nägeli's Erfahrungen anführt, sie jedoch nur für essigsaures Natrium nachgeprüft hat (p. 37).

Zusatz von Chlorkalium zu der nicht mit Jod versetzten Lösung bewirkt dagegen keinerlei Ausfällung, und ebenso verhalten sich jedenfalls die übrigen Salze. Auch Nägeli hat schon gefunden, dass die Salze und Säuren, welche den blauen Niederschlag hervorrufen, die Amylodextrinlösung als solche nicht fällen (p. 65).

Der durch Chlorkalium in jodversetzter Lösung hervorgerufene blaue Niederschlag ist durchaus fein globulitisch-wabig, geradeso etwa wie es Fig. 1 Taf. 22 zeigt.

5. Die gleiche Wirkung wie die erwähnten Salze hat auch der Zusatz von $^1/_2$ verdünnter Schwefelsäure oder syrupartiger Phosphorsäure. In beiden Fällen bildet sich auf der Grenze beider Flüssigkeiten bald reichlich blaues Gerinnsel, das sich allmählich zu Boden setzt. W. Nägeli hat diese Reaktion der Schwefelsäure schon entdeckt und auch die gleiche Wirkung der Salzsäure beobachtet. Meyer hat nichts darüber.

6. In auffallendem Gegensatz zur Wirkung der genannten Salze ruft Zusatz von Jodkalium keine Bläuung der mit Jod versetzten Lösung und selbst nach langem Stehen keinen blauen Niederschlag hervor. Die mit Jodkalium versetzte Lösung wird viel brauner wie zuvor, mehr rein braun bis gelbbraun im Gegensatz zu dem Mahagonibraun der reinen Jodfärbung. Bei Zusatz von KCl zu einer mit etwas Jodjodkali versetzten Lösung erfolgt dagegen sofort stark blauer Niederschlag. In einer mit etwas Jod versetzten und darauf mit Jodkalium gesättigten Lösung ruft dagegen Chlorkalium keinen Niederschlag mehr hervor.

7. Wird die Lösung von Jodamylodextrin mit absolutem Alkohol, Glycerin oder dem gleichen Volumen 10% Gelatinelösung versetzt, so tritt weder Bläuung noch Ausfällung von blauem Niederschlag auf (Unterschied von Stärkelösung).

8. Wird die mit einem Jodkrystall zum Kochen erhitzte Lösung in mit einem Jodkrystall versetzte kochende konzentrirte Chlorkaliumlösung gegossen, so erfolgt zunächst keine Bläuung oder blauer Niederschlag (Unterschied von Stärkelösung). Nach kurzer Abkühlung tritt jedoch reichlicher blauer Niederschlag auf.

9. Wird die Amylodextrinlösung mit dem gleichen Volumen Jodwasser versetzt, dem auf ca. 10 ccm 4 Tropfen Chlorwasser zugefügt sind, so tritt die braune Jodamylodextrinfärbung nicht auf. Bei Zusatz eines Ueberschusses von festem KCl zu dieser Lösung (zugepfropft) bildete sich in 3 Tagen kein blauer Niederschlag (Unterschied gegen Stärkelösung).

10. Wird die Lösung von Jodamylodextrin gefroren, so erstarrt sie zunächst als braune Masse ohne Farbenänderung; darauf beginnt diese sich zuerst am Boden des Röhrchens zu bläuen; die Bläuung schreitet schliesslich durch die ganze Masse fort, die tief und rein berlinerblau wird. Beim Aufthauen geht das gesammte Jodamylodextrin wieder in Lösung und zwar in der ursprünglich braunen Farbe der Lösung. — Die mikroskopische Untersuchung der blauen gefrorenen Masse zeigt, dass das wasserklar ausgefrorene Eis zahlreiche porenartige Einschlüsse enthält, in welchen die ausgeschiedene blaue Substanz in Form von Kügelchen, Fäden oder Membranen eingeschlossen ist. Die Untersuchung konnte leider nur sehr flüchtig ausgeführt werden wegen der sehr hohen Sommertemperatur, die nur eine überaus kurze mikroskopische Betrachtung der gefrorenen Masse gestattete.

Diese Erfahrungen stehen im Widerspruch mit denen W. Nägeli's (p. 65), der beim Gefrieren einer violettgefärbten Amylodextrinlösung nur ungefärbte Scheibchen (Sphären) erhielt. Wie bemerkt, erhielt ich unter diesen Umständen gar keine bleibenden Ausscheidungen von Amylodextrin, was doch beim Gefrieren einer gewöhnlichen Lösung stets eintritt.

Merkwürdiger Weise blieb die Blaufärbung bei mehrfach wiederholtem Gefrieren einer und derselben Probe der Lösung aus. Bei dem zweiten Gefrieren war sie schon schwächer, beim dritten trat nur noch rothviolette Farbe auf. (Gefroren wurde mit Eis und Kochsalz; Minimaltemperatur 10—12 ^{0}.)

11. Was ist das blau ausgeschiedene Jodamylodextrin? Diese Frage wurde von W. Nägeli ohne besondere Begründung dahin beantwortet, dass „sich das Jodamylodextrin aus seinen Lösungen blau ausscheidet“ (p. 65). Die blaue Substanz ist daher nach ihm festes Jodamylodextrin. A. Meyer spricht nur von einem „blauen Niederschlag“, ohne dessen Natur genauer zu erörtern. Ich habe diese Frage ein wenig genauer geprüft, mit dem Ergebniss, dass der blaue Niederschlag thatsächlich Jodamylodextrin ist.

Eine etwas grössere Menge des blauen Niederschlags aus mit viel KCl versetzter Lösung wurde abfiltrirt, darauf auf dem Filter einige Male mit konzentrirter KCl-Lösung gewaschen, alsdann mit etwas reinem Wasser, wobei jedoch sofort blaue Flüssigkeit durch das Filter zu gehen beginnt. Darauf wurde der Niederschlag in etwas kochendem Wasser gelöst. Die Lösung ist nach der Abkühlung schwach violettbräunlich, bei Zusatz von weiterem Jod reiner braun. Darauf auf Uhrglas zur Trockene eingedampft, blieb viel weisser Rückstand, woraus hervorgeht, dass noch ziemlich viel KCl in Lösung war. In kaltem Wasser löste sich der Rückstand bis auf Spuren. Diese Lösung darauf im Reagenzröhrchen mit dem dreifachen Volumen absoluten Alkohols überschichtet, gab in 24—48 h. ziemlich reichlichen weissen Bodensatz, der sowohl nach der mikroskopischen Betrachtung als nach seiner Jodreaktion reines krystallinisches Amylodextrin ist.

Der durch Eintrocknen der Amylodextrinlösung mit Jodkrystall erhaltene, tief blaue Rückstand (s. Nr. 2) löst sich nach Entfernung des Jodkrystalls schon in kaltem Wasser zu weinrother bis brauner Lösung. Bei weiterem Jodzusatz erhält sich diese Lösung wie gewöhnliches Amylodextrin und giebt bei Zusatz von festem KCl sofort wieder starke tiefblaue Ausfällung.

Aus diesen Erfahrungen folgt demnach, dass der blaue Niederschlag aus Amylodextrinlösungen wenigstens in seiner Hauptmasse sicher festes Jod-Amylodextrin ist. Diese Erfahrungen modifiziren das, was ich oben im Text (p. 298) über die Reaktionen des festen Amylodextrins unter Bildung eines blauen Niederschlags angegeben habe. Ich hielt es damals für wahrscheinlich, dass bei der Bildung dieses blauen Niederschlags eine Umwandlung des Amylodextrins in Amylose eintrete. Dies wird durch die mittlerweile erweiterten Erfahrungen hinfällig. Die im Text beschriebenen Reaktionen erklären sich jedenfalls in der Weise, das sich blaues Jodamylodextrin ausscheidet, und aus ihnen folgt auch, dass in sehr konzentrirten Lösungen wahrscheinlich schon Jod allein und auch Jodjodkalium Ausscheidung von blauem Jodamylodextrin hervorruft.

Ganz ausgeschlossen scheint mir die Umwandlung in Amylose unter gewissen Bedingungen nicht, denn einmal erhielt ich beim Aufthauen gefrorener Jodamylodextrinlösung unter dem Mikroskop eine Anzahl blauer Fädchen und Lamellen, die sich nicht wieder auflösten, sich daher wie Stärke verhielten. Jedenfalls zeigt jedoch das Gesammtverhalten des Amylodextrins eine sehr nahe Verwandschaft mit Amylose.

Reaktionen der Amyloselösung gegen Jod.

Die eigenthümliche Angabe von Mylius (1887 p. 334 ff.), dass jodwasserstofffreie wässerige Jodlösung Amyloselösung nicht bläue, veranlasste mich zu einer Nachprüfung. Die verwendete Jodlösung war nach der Vorschrift von Mylius mit angesäuertem Wasser (0,25 oder 1 % Schwefelsäure, zur Vermeidung aufgelöster Alkalien aus dem Glas) und mit aus Jodtinktur durch Wasserzusatz frisch gefälltem und gut gewaschenem Jod bereitet. Die Stärkelösungen waren mit ein wenig Arrow-root und viel Wasser, das gerade bis zum Kochen oder nur auf 80°. erhitzt wurde, dargestellt (kein Unterschied beider Lösungen.) Ebenso zeigte sich auch kein Unterschied im Verhalten solcher Stärkelösungen, wenn sie einfach durch Absitzen vollkommen geklärt oder ausserdem noch durch ein Thonkölbchen filtrirt waren.

Bei den Reaktionen wurde stets so verfahren, dass zu 1 Vol. der Stärkelösung 1 Vol. der obigen wässerigen Jodlösung gesetzt wurde.

Es gelang mir nun unter den angegebenen Bedingungen nie, die Angabe von Mylius zu bestätigen. Stets trat eine Blaufärbung der Stärkelösung ein; doch ist dieselbe in den meisten Fällen sehr schwach und zunächst ohne jegliche Ausscheidung flockiger Jodstärke. Fügt man jedoch zu einer solch' schwach blauen Lösung ein Kryställchen von Jodkalium, so tritt in dessen Umgebung sofort intensive Bläuung auf und bald auch Abscheidung flockiger Jodstärke. Dieselben Ergebnisse wurden auch erhalten, wenn die Jodlösung mit zerriebenem, in einer Platinschale vielfach mit Wasser gewaschenem Jod frisch bereitet wurde, oder wenn ein sehr gut gewaschener Jodkrystall zu der angesäuerten Stärkelösung gegeben wurde. Auch in diesen Fällen trat sofort schwache Bläuung auf. Dasselbe wird auch erzielt, wenn man etwas Jod in Chloroform auflöst, und über diese Lösung die der Stärke schichtet. Sofort tritt Bläuung auf der Grenze der beiden Flüssigkeiten auf, die langsam durch die gesammte Stärkelösung emporsteigt. Da dieser Versuch oft mit demselben Erfolg wiederholt wurde, so muss ich die Angabe Küster's, „dass aus einer Lösung von Jod in Chloroform oder einem ähnlichen Lösungsmittel überhaupt kein Jod in Stärke, feste oder gelöste, übergehen werde“ (p. 361), für unrichtig halten. Es folgt dies ebenso aus dem schon oben geschilderten Verhalten der lufttrockenen Stärkekörner in Chloroformjodlösung.

Mylius hat beobachtet, dass eine wässerige Jodlösung, die mit ganz wenig Chlorwasser versetzt ist, Amyloselösung nicht mehr bläut. Nach seiner Ansicht beruht dies darauf, dass das Chlorwasser die nach ihm zur Entstehung der Jodstärke nöthige Jodwasserstoffsäure

zerstört, ebenso wie die Nichtfärbung mit ganz reiner Jodlösung auf der Abwesenheit des Jodwasserstoffes beruhen soll.

Die Prüfung ergab, dass die Angabe von Mylius vollständig richtig ist. Es genügt, etwa 5 ccm der erwähnten Jodlösung mit 2—3 kleinen Tröpfchen Chlorwasser zu versetzen, um ihre Bläuungsfähigkeit aufzuheben. Die Jodlösung bleibt dabei schön braun, zum Beweis, dass das Jod nicht etwa völlig zerstört ist. Eine solche, mit chlorirtem Jodwasser versetzte Stärkelösung beginnt beim Stehen im offenen Röhrchen erst nach etwa 24 h. sich zu bläuen, offenbar nach Abdunsten oder der Umsetzung des freien Chlors.

Diese schwach bräunliche, chlorirte Jodstärkelösung zeigt nun eine Reihe sehr interessanter Reaktionen.

1. Setzt man zu ihr festes Jodkalium, so erfolgt sofort starke Ausfällung blauer Jodstärke. Ganz derselbe Erfolg wird jedoch erzielt durch Zusatz von festem Chlorkalium, Chlorammonium, schwefelsaurem Kalium, schwefelsaurem Natrium (Glaubersalz, dies wirkt jedoch schwächer) und geschmolzenem essigsaurem Natrium. Dagegen rief wasserfreies Chlorcalcium nur schwache Bläuung hervor, die nach einiger Zeit wieder schwand. Die aufgezählten Salze bewirkten für sich in der reinen Stärkelösung keine Ausfällung — selbst bei langem Stehen.

2. Dieselbe Wirkung, wie die angegebenen Salze, haben ferner 1/2 verdünnte Schwefelsäure, syrupöse Phosphorsäure, Glycerin und 10% Gelatinelösung. Auch diese Substanzen, mit Ausnahme vielleicht der Gelatinelösung, rufen für sich keine Abscheidung in der reinen Stärkelösung hervor. Bei Zusatz von absolutem Alkohol trat auf der Grenze der Flüssigkeiten bei einer Probe Blaufärbung auf, bei einer zweiten nicht.

3. Wird die chlorirte Lösung gefroren, so scheidet sich ziemlich reichlich blaue Jodstärke aus (manchmal auch mehr violett), die beim Aufthauen ungelöst bleibt. Erwärmt man hierauf die Flüssigkeit, so geht alle ausgeschiedene Jodstärke wieder in Lösung und diese wird beim Abkühlen nicht blau, sondern bleibt ganz schwach bräunlich. Der Versuch liess sich mehreremale mit demselben Erfolg an der gleichen Probe wiederholen. Dass beim Gefrieren nur ein Theil der Stärke als blaue Jodstärke abgeschieden wurde, ergab sich daraus, dass die schwach bläuliche Lösung über der ausgeschiedenen Jodstärke bei Zusatz eines Jodkaliumkrystalls eine starke Fällung von blauer Jodstärke gab.

Diese Erfahrungen scheinen mir mit der Annahme von Mylius, dass die chlorirte Jodlösung wegen des mangelnden JH nicht bläue, nicht zu harmoniren. Die sehr verschiedenartigen Substanzen, welche in der Lösung sofort Abscheidung blauer Jodstärke hervorrufen, sind (mit Ausnahme des KJ) keine solchen, welche die Bildung von JH oder Jodmetall zu bewirken vermöchten. Die Thatsache, dass auch zahlreiche Salze ganz indifferenter Natur die Ausfällung von Jodstärke hervorrufen, spricht jedenfalls dafür, dass auch das Jodkalium bei der Ausfällung nicht als Jodmetall wirkt, sondern ähnlich den übrigen Salzen.

Wenn wir ferner das so ähnliche Verhalten der Amylodextrinlösungen und der noch zu schildernden Lösungen der Saponariastärke vergleichen, welche durch dieselben Salze, aber das Amylodextrin gerade nicht durch Jodkalium blau ausgefällt werden, so dürfte sich vorerst kaum eine plausiblere Auffassung darbieten als die, dass die Jodstärke durch den Zusatz von Chlor in einer nahezu farblosen, jedenfalls nur schwach bräunlichen Lösung erhalten wird, aus der sie durch Zufügung von Salzen und anderen Substanzen, welche kolloidal gelöste Körper leicht zur Ausscheidung bringen, als blaue feste Jodstärke gefällt wird. Wie bei Amylodextrin und der Saponariastärke ist ja auch bei der chlorirten Jodstärkelösung eine nähere Beziehung des Jods zur Stärke schon in der Lösung anzunehmen, da diese drei Substanzen in reinen Lösungen nicht durch die zahlreichen Stoffe ausgefällt werden, welche die Jodverbindungen zur Ausfällung bringen. Dies scheint mir vorerst keine andere Erklärung zuzulassen als die, dass die Jodverbindung auch schon in der Lösung existirt.

Wenn diese Ansicht zutreffend ist, so wäre die Jodstärke in ihrer Lösung nicht blau gefärbt, sondern nur in festem Zustande, eine Ansicht, die auch schon früher gelegentlich geäussert wurde (Vergl. C. Nägeli 1862—1863). Die schwache Bläuung der reinen Stärkelösung bei Zusatz reiner Jodlösung würde sich unter diesen Bedingungen als eine sehr geringfügige Ausscheidung feinstvertheilter Jodstärke erklären und die ansehnliche Verstärkung der Blaufärbung bei Zusatz von KJ etc. durch weitere Ausfällung der gelösten Jodstärke.

Unter diesen Umständen erhebt sich die Frage, ob nicht etwa auch die Entfärbung der Jodstärke beim Erwärmen in Wasser nur darauf beruhe, dass sie in Lösung geht. Ein Versuch zeigte mir wenigstens soviel, dass sich blaue Jodstärke bei einer Temperatur bilden kann, die höher wie 100° ist, dass also die hohe Temperatur als solche die Bildung von Jodstärke nicht verhindert. Wird Stärkelösung mit einem Jodkrystall zum Kochen erhitzt und hierauf in eine gleichfalls mit einem Jodkrystall zum Kochen erhitzte, ganz konzentrirte Lösung von Chlorkalium gegossen, so erfolgt sofort massige Ausscheidung klumpiger, tiefblauer Jodstärke. Da der Siedepunkt der konzentrirten Chlorkaliumlösung weit über 100° liegt, so dürfte dies, wie gesagt, beweisen, dass sich blaue Jodstärke bei so hoher Temperatur bilden kann.

Dass Jodstärke auch beim Erhitzen in Wasser auf 100° unter gewissen Bedingungen nicht zerstört wird, hat schon C. Nägeli (1862 p. 785) gezeigt; indem Jodstärke, die mit überschüssigem festen Jod zum Kochen erhitzt wird, ihre blaue Farbe so lange bewahrt, als Joddämpfe entweichen, also Jod im Ueberschuss vorhanden ist. Dass jedoch dieser Versuch die Existenz einer gelösten farblosen Jodstärke widerlege, wie Nägeli meint, scheint mir nicht zuzutreffen. Die Jodstärke bleibt in diesem Falle ungelöst, eine farblose gelöste Jodstärke kann daher auch nicht entstehen.

Reaktionen der sogenannten löslichen Stärke aus Saponaria officinalis.

Das mir durch die interessante Arbeit von J. Dufour (1885) bekannt gewordene, wasserlösliche sog. Amidon aus dem Zellsaft der Epidermiszellen der Blätter von Saponaria[1]) erregte mein Interesse hauptsächlich aus dem Grunde, weil seine Reaktionen, wie sie Dufour schildert, nähere Beziehungen zum Amylodextrin anzuzeigen schienen.

Ich habe daher diese eigenthümliche Substanz in etwas grösserer Menge darzustellen versucht, was auch ziemlich gut gelang. Ohne hier mein Verfahren ausführlicher zu beschreiben, erwähne ich nur, dass der mit kaltem Wasser[2]) hergestellte Extrakt der getrockneten und mit den Händen zerriebenen Blätter durch Kochen vom Eiweiss befreit und darauf durch Fällung mit dem doppelten Volumen 98% Alkohol gereinigt wurde, wobei die sich mit Jod bläuende Substanz in Lösung blieb. Da die weiterhin versuchten Wege zur Reindarstellung kein Ergebniss hatten, so wurde schliesslich die Substanz aus der Wasserlösung durch Zusatz von viel Jodjodkalium ausgefällt; der abfiltrirte Niederschlag wurde nach mehrfachem Auswaschen mit kaltem Wasser in heissem Wasser gelöst und aus dieser Lösung durch langsames Verdunsten auf dem Wärmeschrank (40°) die Substanz in schönen, strahligen, schwach gelblichen Sphärokrystallen in ziemlicher Menge erhalten.

Die grösste Menge der Substanz wurde zu einer Elementaranalyse verwendet, die Herr Professor Gattermann gütigst unter seiner Leitung ausführen liess. Dabei zeigte sich

---

1) Die gleiche Substanz findet sich auch in den Epidermiszellen einiger anderer Pflanzen (so Hordeumarten, Gymnophyla perfoliata, Ornithogalum umbellatum etc.). Die wenigen früheren Arbeiten über die Verbindung von Sanio (1857), Schenck (1857) und C. Nägeli (1860) sind bei Dufour genauer besprochen.

2) Ausziehen mit kochendem Wasser empfahl sich nicht, da dasselbe ja auch gewöhnliche Stärke löst. Bei künftigen Untersuchungen lässt sich auch kochend extrahiren, da die eventuell gelöste Stärke leicht durch Gefrieren abgeschieden werden kann.

zunächst, dass die Substanz insofern nicht ganz rein war, da sie 1,85 % Jod enthielt, oder, da dieses vermuthlich als Jodkalium vorhanden war, 2,42 % Jodkalium. Die Bestimmung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs ergaben, auf die reine Substanz (nach Abzug der 2,42 % KJ) berechnet, 53,85 % C und 6,9 % H, während die Formel $C_6H_{10}O_5$ 44,44 % C und 6,1 % H erfordert.

Ob aus dieser einmaligen, mit einer relativ geringen Substanzmenge ausgeführten Analyse thatsächlich auf einen erheblich grösseren Kohlenstoffgehalt zu schliessen ist, als ihn die Stärke und verwandte Stoffe besitzen, scheint mir doch recht zweifelhaft. Nach den Resultaten der Analyse wäre etwa die Formel $C_{12}H_{18}O_6$ möglich; doch scheint mir dies, wie gesagt, wenig wahrscheinlich.

Die Eigenschaften der krystallinischen Substanz, von welcher leider die grösste Menge zur Elementaranalyse verbraucht wurde, sind, soweit ich sie zu ermitteln vermochte, in gutem Einklang mit den Angaben Dufour's und zwar folgende.

1. Krystallisirt in gelblich durchscheinenden, strahligen, lockeren Sphärokrystallen, die mehr einen krystallitisch-strahligen Charakter besitzen als die echten Sphären; auch finden sich nadelartige und strahlig krystallskelettartige Gebilde (im Wesentlichen das Gleiche fand schon Dufour). Leider habe ich die feineren Strukturen der Sphären und Skelettgebilde nicht eingehender untersucht. Die Sphären polarisiren stark; sie geben gutes orthogonales Kreuz (schon von Dufour festgestellt) und schon ohne Gypsplättchen Farben. Die Farbenvertheilung ist jedoch gewöhnlich unregelmässig fleckig. Wo regelmässige Farbenvertheilung, dann negativ (ebenso schon Dufour).

2. Die krystallisirte Substanz ist in kaltem Wasser wenig löslich, ähnlich dem Amylodextrin, leichter dagegen in kochendem. Doch erfolgt die Lösung langsamer wie die des Amylodextrins. Häufiger gelöste und wieder eingetrocknete Substanz löste sich sogar erst bei längerem Kochen. Beim Erkalten scheidet sie sich nicht aus der schwach gelblichen Lösung aus. Bei tagelangem Stehen der Lösung fällt dagegen eine erhebliche Menge der Substanz krystallinisch aus.

3. Die Lösung giebt beim Gefrieren keine Ausscheidung der Substanz; beim Aufthauen ist sie ganz unverändert. Mehrfach wiederholt. (Unterschied von Stärke und Amylodextrin.)

4. Bei Zusatz von Jodjodkalium (Meyer'sche Lösung) zu der trockenen Substanz tritt tief dunkelblaue Färbung der Sphären und Krystallnädelchen auf. In der Umgebung der Sphären ist die Flüssigkeit schwach blau, daher wohl etwas gelöst und blau ausgefällt. Nach 24 Stunden Stehen des Präparats war die Farbe mehr violettroth geworden; dies beruhte wahrscheinlich nur auf Jodverlust. (Nach Dufour p. 233 soll Jodjodkalium intensiv violett färben). Mit gelber Jodtinktur färben sich die trockenen Sphären und Nädelchen nicht (ebenso Dufour p. 233), dagegen bildet sich um sie stets viel bläuliches Gerinnsel. Behandlung mit Joddämpfen macht die trockene Substanz gelblichbraun, beim Befeuchten mit Wasser wird sie sofort schön berlinerblau. Mit Joddämpfen dagegen nach Dufour rosaviolett (p. 233).

5. Jodreaktion der Wasserlösung. — Der mässig starken Wasserlösung kann ziemlich viel gelbbraune Jodtinktur oder Jodjodkaliumlösung zugesetzt werden, ohne dass Bläuung eintritt. Zwar sieht man in der Regel um die zugesetzten Tropfen der Jodlösung schwache Bläuung auftreten, die jedoch beim Schütteln sofort wieder verschwindet (ähnlich schon Dufour p. 241). Es bedarf demnach einer ziemlichen Jodmenge, bis eine dauernde Bläuung erfolgt, die aber, da die Lösung selbst stets etwas gelblich ist, als schmutziges Grün erscheint. Dieser Umschlag der Färbung tritt sehr plötzlich hervor und beruht sicher darauf, dass die blaue Substanz nun unlöslich ausgeschieden wird, während sie sich zuvor wieder löste.

Zusatz eines Jodkrystalls zur Lösung bestätigt dies. Derselbe bewirkt zunächst einige Zeit gar keine Veränderung der Farbe, darauf wird die Lösung etwas bräunlich, dann plötzlich schmutzig blaugrün und schliesslich ganz dunkel von einer grossen Menge tiefblauen

Niederschlags. In 24 Stunden war die Lösung zu tiefblauer Gallerte erstarrt, welche umgekehrt werden konnte, ohne dass Flüssigkeit herauslief. Auch durch hinreichenden Zusatz von Jodjodkali wurde in gleicher Weise das Erstarren der mässig starken Lösung zu tiefblauer Gallerte beobachtet.

Wird die mit einer mässigen Menge von Jod versetzte, nicht gebläute Lösung mit festem Jodkalium, Chlorkalium, schwefelsaurem Kalium, $^1/_2$ Schwefelsäure oder syrupartiger Phosphorsäure versetzt, so tritt sofort Blaufärbung und allmählich reichlicher blauer Niederschlag auf. Auch absoluter Alkohol rief eine solche Ausscheidung hervor, die jedoch nach einigen Tagen wieder schwand. Dagegen bewirkten Glycerin oder 10% Gelatinelösung keine Spur von Bläuung, entsprechend dem Verhalten des Amylodextrins.

Der tief blaue Niederschlag, welcher aus einer mit einem Jodkrystall und ziemlich viel Chlorkalium versetzten Lösung allmählich reichlich ausgefallen war, erwies sich bei der mikroskopischen Untersuchung zum grössten Theil aus tief berlinerblauen schönen Sphären bestehend.

Wird die mit Jod versetzte, nicht gebläute Lösung gefroren, so wurde die erstarrte Masse schön karmin- bis rosenroth; beim Aufthauen trat die ursprünglich gelbliche Farbe wieder ein.

Die schwarzblaue Jodverbindung wird von kaltem Wasser nicht oder doch nur wenig gelöst, dagegen von heissem sofort. Löst man in sehr wenig heissem Wasser, so ist die Lösung braun und wird beim Erkalten tief schwarzblau unter Ausscheidung einer Menge tiefblauen Niederschlags, der am Boden des Reagenzglases eine Gallerte bildet. Dass die blaue Masse nur suspendirt ist, geht auch daraus hervor, dass sie sich bei längerem Stehen völlig zu Boden setzt und die darüber stehende Flüssigkeit rein gelb wird.

Wird etwas von der blauen Flüssigkeit oder dem blauen Niederschlag mit viel Wasser behandelt, so wird alles zu schwach gelblicher Flüssigkeit gelöst.

Wird zur Lösung des blauen, auf dem Filter gesammelten Niederschlags sofort mehr heisses Wasser verwendet, so erhält man eine schwach gelbliche Lösung, die sich beim Erkalten nicht bläut. In dieser Lösung lässt sich durch Chlorkalium und die übrigen oben angegebenen Substanzen wieder ein blauer Niederschlag hervorrufen. Wenn die Jodmenge beim Lösen durch Verdunstung wesentlich vermindert wurde, so ist der Niederschlag violettroth, wird jedoch bei Zusatz von ein wenig Jod allmählich wieder schön blau.

Giebt man zu einem Tropfen der Lösung einen gut gewaschenen Jodkrystall, so entsteht um ihn zuerst langsam ein bräunlicher Hof, darauf ein blauer. Dieser Hof ist gegen die umgebende gelbliche Flüssigkeit scharf begrenzt. Obgleich die Blaufärbung sich über den Hof nicht ausdehnt, trocknet doch der davon weitentfernte Tropfenrand zu tief blauer Masse ein. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass der blaue Rand aus einer Unmasse dicht vereinigter, ziemlich langer Krystallnädelchen besteht, die radiär gerichtet und tief blau sind. Vollständig eingetrocknet wird die blaue Substanz allmählich schön braunroth bis karminroth und erhält sich lange unverändert so. Beim Befeuchten mit Wasser wird sie sofort wieder schön und rein berlinerblau. Bei gelindem Erwärmen bildet sich schwach gelbliche Lösung. (Diese Erfahrungen bestätigen die sorgfältigen Angaben Dufour's.)

Die gelbe Wasserlösung der blauen Jodverbindung giebt bei längerem Stehen allmähliche Abscheidung der Substanz in Gestalt der obenbeschriebenen gelblichen Sphären. Wie bemerkt, wurde auf diesem Wege auch die Substanz gewonnen.

6. Die Substanz reduzirt Fehling'sche Lösung schwach (nach Dufour p. 249 ist die Reduktion dagegen „assez prononcée").

7. Die Wasserlösung mit dem gleichen Volumen 3 % Schwefelsäure versetzt und darauf 2—3 h auf dem Wasserbad erhitzt, giebt keine Jodreaktion mehr, auch nicht bei

Zusatz von viel Jod und viel Chlorkalium. Die Flüssigkeit reduzirt nun Fehling'sche Lösung viel stärker wie früher.

8. Mit filtrirtem Speichel versetzt und mehrere Stunden bei 40° stehen gelassen, ist die Jodreaktion geschwunden. Dagegen konnte ich bei mehrfachen Wiederholen des Versuchs mit dieser Flüssigkeit nie eine Reduktion der Fehling'schen Lösung erhalten.

Zu p. 328. Porenquellung.

Fortgesetzte Ueberlegung dieser wichtigen Frage haben mich allmählich zur Ueberzeugung geführt, dass eine Porenquellung sowohl bei wabig als bei globulitisch-wabig strukturirten Substanzen möglich ist und demnach auch wohl beim Beginn der Quellung und der schwachen Quellung überhaupt eine Rolle spielen kann. Bei der Ueberlegung dieser Frage bin ich durch Versuche, welche mein verehrter Freund Prof. E. Askenasy in letzterer Zeit anstellte und durch vielfache Diskussionen, welche zwischen uns über dieses Thema stattfanden, wesentlich gefördert worden.

Ich habe schon im Text p. 186—187 dargelegt, dass sowohl beim Eintrocknen echt wabiger als globulitisch-wabiger quellbarer Substanzen ein Verschluss der Hohlräumchen eintreten muss, indem sich die Wände aufeinanderlegen. Es ist dies eine Folge der Kapillarität, nicht etwa nur des Luftdrucks, wie ich früher (1896, 1) anzunehmen geneigt war. Dabei müssen die Wände zusammengepresst und elastisch gespannt werden. Von dem Grad der Nachgiebigkeit und Biegsamkeit der Wände wird es abhängen, ob die Räumchen sich beim Eintrocknen ganz schliessen oder ob sie schliesslich gaserfüllt mehr oder weniger weit geöffnet bleiben.

Unter diesen Bedingungen müssen daher in trockenem Zustand die zarten Wände der Hohlräumchen solcher Körper elastisch gespannt sein und zwar nach innen gezogen, so dass sie einen Druck nach aussen ausüben. Diesem Druck wird das Gleichgewicht gehalten von dem Kapillardruck der Flüssigkeitsreste der Räumchen. Wenn dagegen beim Eintrocknen Füllung der Räumchen mit verdünntem Gas oder mit Luft eintritt, so dürfte dies stets darauf beruhen, dass die Wände im Allgemeinen fest genug sind, um dem Kapillardruck zu widerstehen, dass also die Verhältnisse so liegen, wie bei dem Tabaschir, der Thonzelle etc. Wenn nun auch erhärtete quellbare Körper beim Austrocknen im Vakuum doch eine stärkere oder schwächere Schrumpfung erfahren, so scheint mir dies zu beweisen, dass dabei noch zahlreiche zartwandigere Hohlräumchen geschlossen werden und sich nur ein Theil der dickwandigeren gas- oder lufterfüllt erhält.

Wenn wir uns einen wabig gebauten, quellbaren Körper vorstellen, der unter den oben gegebenen Bedingungen eintrocknet und dessen Wabenwände so beschaffen sind, dass ihre Elasticität von einem gewissen Moment der Verkleinerung der Hohlräumchen ab den Kapillardruck überwindet, so müssen sich von diesem Augenblick an die Hohlräumchen allmählich mit Gas oder Luft erfüllen. Würde Lufterfüllung eintreten, die ja bei Knorpel sicher nachgewiesen ist, wie ich oben (p. 338) darlegte, so wäre keine Kraft mehr vorhanden, um dem elastischen Erweiterungsstreben der Wände entgegenzuwirken, es müsste also dann wieder eine Volumzunahme des Körpers eintreten, wovon niemals etwas beobachtet wurde. Im Falle, dass sich Wassergas in den Räumchen fände, so könnte dem elastischen Erweiterungsstreben der Wände nur der Luftdruck entgegenwirken, der eingetrocknete Körper müsste daher im Vakuum aufquellen, was gleichfalls nicht beobachtet wurde und sehr unwahrscheinlich ist. Diesen Schwierigkeiten scheint mir, wie gesagt, nur die Annahme begegnen zu können, dass bei derartigen Körpern entweder nicht alle Hohlräumchen mit Gas oder Luft gefüllt werden, oder dass von einem gewissen Moment des Austrocknens an die Festigkeit der Wände viel grösser wird.

Wie ich jedoch schon 1896 erörterte, findet diese Erscheinung der Gas- oder Lufterfüllung bei quellbaren Körpern nur unter besonderen Bedingungen statt. Unter gewöhnlichen Verhältnissen wird stets der ersterwähnte Fall eintreten, nämlich die Verkleinerung der Hohlräumchen unter der Wirkung des Kapillardrucks der verdunstenden Quellungsflüssigkeit und ebenso wird, wie bekannt, ein Rest dieser Flüssigkeit sich sehr hartnäckig in den verkleinerten Hohlräumchen erhalten. Wird nun ein quellbarer Körper in dieser Verfassung in die Quellungsflüssigkeit gebracht, wobei wir zunächst annehmen, dass noch ein geringer Rest von Flüssigkeit die Hohlräumchen erfülle, so wird, sowohl unter der Voraussetzung eines schwammartigen feinen Baus als eines wabenartigen, der Kapillardruck der die Hohlräumchen erfüllenden Flüssigkeit aufgehoben, d. h. herabgesetzt auf den Widerstand, welcher dem Einströmen der Flüssigkeit in die feinen Räumchen entgegensteht. Bei geöffneten Räumchen wird dieser Widerstand von der Feinheit der Räumchen, bei geschlossenen dagegen von der Durchlässigkeit der Wände abhängen. Jedenfalls wird jedoch die Zugkraft, unter welcher die Verkleinerung der Räumchen eintrat, herabgesetzt. Diese werden daher durch die Elasticität ihrer Wände wieder geöffnet und mit Flüssigkeit erfüllt und so kann ein Aufquellen stattfinden.

War die Austrocknung des quellbaren Körpers eine vollkommene, so wird sich, wie ich schon 1896 (p. 44 ff.) zeigte, zunächst eine Lösung der eingetrockneten Substanz bilden, welche in den Hohlräumchen dadurch entstanden ist, dass die sie erfüllende Flüssigkeit stets etwas gelöste Substanz enthält; im übrigen wird der Vorgang entsprechend verlaufen.

Aus diesen Erläuterungen ergiebt sich, dass eine Porenquellung, die auf Kapillardruck und Elasticität der Gerüstwände beruht, an und für sich wohl möglich ist. Dennoch muss ich einstweilen annehmen, dass sie nur eine unerhebliche Rolle spielt, dass vielmehr, wie ich 1896 darzulegen suchte, osmotische Vorgänge bei den Quellungsprozessen eine wesentliche Rolle spielen. Dies scheint mir daraus hervorzugehen, dass in der Regel nur solche Flüssigkeiten quellend wirken, welchen ein Lösungsvermögen für die quellbare Substanz zukommt, und dass im Allgemeinen die Aufquellung um so grösser wird, je löslicher die Substanz in der Quellungsflüssigkeit ist.

Litteratur.

1873. Abbe, E., Beiträge zur Theorie des Mikroskopes und der mikroskopischen Wahrnehmung. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. 9. p. 413—468.

1891. Ambronn, H., Einige Beobachtungen über das Gefrieren der Colloide. Ber. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Leipzig.

1893. — — Ueber die optischen Eigenschaften sehr enger Spalten. Annal. d. Physik u. Chemie. Bd. 48. p. 717—722.

1878. Arnold, J., Die Abscheidung des indigschwefelsauren Natron im Knorpelgewebe. Arch. f. pathol. Anatomie. Bd. 73. p. 125—146. Taf. 2.

1872. Baranetzky, J, Diosmotische Untersuchungen. Annal. d. Phys. u. Chemie. Bd. 147. p. 195 ff.

1871. Behrens, H., Mikroskopische Untersuchungen über die Opale. Sitzungsber. d. k. Akad. Wien. Abth. I. Bd. 64. p. 519. 2 Taf.

1896. Beijerinck, M. W., Ueber eine Eigenthümlichkeit der löslichen Stärke. Centralbl. f. Bakt. etc. 2. Abth. Bd. II. Nr. 22. p. 697—699.

1875. Braun, M., Ueber die histologischen Vorgänge bei der Häutung von Astacus fluviatilis. Arbeit. aus d. zool.-zoot. Inst. Würzburg. Bd. 2. p. 120—167. 2 Taf.

1879. Budge, A., Weitere Mittheilung über die Saftbahnen im hyalinen Knorpel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 16. p. 1—15. Taf. 1.

1891. Buscalioni, L., Sulla struttura dei granuli d'amido del Mais. Nuovo giornale botanico ital. Vol. 23. p. 45—47.

1892—94. — — Contribuzione allo studio della membrana cellulare. Malpighia. P. I—II, Vol. VI, 1892; P. III, Vol. VII, 1893; P. IV, Vol. VIII, 1894.

1888. Bütschli, O., Müssen wir ein Wachsthum des Plasma's durch Intussusception annehmen? Biolog. Centralbl. Bd. 8. p. 161—164.

1892 (1). — — Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig.

1892 (2). — — Ueber die künstliche Nachahmung der karyokinetischen Figur. Verhandl. d. nat.-med. Vereins Heidelberg. N. F. Bd. 5. p. 28—41.

1892 (3). — — Ueber die Schaumstruktur geronnener Substanzen. Verhandl. d. nat.-med. Vereins Heidelberg. N. F. Bd. 5. p. 42—43.

1893. — — Ueber den feineren Bau der Stärkekörner. Verhandl. d. nat.-med. Vereins Heidelberg. N. F. Bd. 5. p. 89-102.

1894. — — Vorläufiger Bericht über fortges. Untersuchungen an Gerinnungsschäumen, Sphärokrystallen und die Struktur von Cellulose- und Chitinmembranen. Verhandl. d. nat.-med. Vereins Heidelberg. N. F. Bd. 5. p. 230—292. 2 Taf.

1895. — — Ueber Strukturen künstlicher und natürlicher quellbarer Substanzen. Verhandl. d. nat.-med. Vereins Heidelberg. N. F. Bd. 5. p. 360—368.

1896 (1). — — Ueber den Bau quellbarer Körper und die Bedingungen der Quellung. Abhandl. d. k. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen. 68 p.

1896 (2). Bütschli, O., Ueber die Herstellung künstlicher Stärkekörner oder von Sphärokrystallen der Stärke. Verhandl. d. nat.-med. Vereins Heidelberg. N. F. Bd. 5. p. 457—472.
1887. Cohn, F., Ueber Tabaschir. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, herausg. von F. Cohn. Bd. 4. p. 365—407. Taf. 16.
1892. Correns, C., Zur Kenntniss der inneren Struktur der vegetabilischen Zellmembran. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 23. p. 254—336. Taf. 14—15.
1893 (1). — — Zur Kenntniss der inneren Struktur einiger Algenmembranen. Beitr. z. Morph. u. Physiol. d. Pflanzenzelle, herausg. von Zimmermann. Heft III. p. 260—304. 2 Taf.
1893 (2). — — Ueber die Querlamellirung der Bastzellmembranen. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 9. p. 410—425. Taf. 20.
1894 (1). — — Ueber die vegetabilische Zellmembran. „Eine Kritik der Anschauungen Wiesner's. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 26. 1894. p. 587—673. Taf. 26.
1894 (2). — — Ueber die Membran von Caulerpa. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 12. p. 355—367 1 Taf.
1879. Dippel, L., Die neuere Theorie über die feinere Struktur der Zellhülle, betrachtet an der Hand der Thatsachen. IV. Die Spiralstreifung der Holz- und Bastfasern. Abh. d. Senckenbergischen naturf. Gesellsch. Frankfurt a. M. Bd. 11. p. 154—173. Taf. 5—7.
1885. Dufour, J., Recherches sur l'amidon soluble et son rôle physiologique chez les végétaux. Bullet. soc. vaud. sc. nat. T. 21. p. 227—260.
1846. Ebelmen, Untersuchung der Verbindungen der Borsäure und der Kieselsäure mit den Aethern. Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 37. p. 347—376.
1882. v. Ebner, V., Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organisirter Substanzen. Leipzig.
1878. Eder, J. M., Ueber die Reaction der Chromsäure und der Chromate gegen Gelatine, Zucker etc. Wien.
1879. — — Ueber das Verhalten von Leim und Kohlehydraten etc. gegen Chromate unter dem Einfluss des Lichtes. Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 127. p. 294—301.
1836. Ehrenberg, Chr. G., Ueber mikrosk. neue Charaktere der erdigen und derben Mineralien. Annal. d. Phys. u. Chemie. Bd. 115. p. 101—106. Taf. 1. Siehe auch ibid. Bd. 113. p. 305.
1869. Famintzin, A., Ueber amylumartige Gebilde des kohlensauren Kalks. Verhandl. d. nat.-med. Vereins Heidelberg. Sitz. v. 26. Febr. 1869.
1884. — — Ueber Kieselsäuremembranen und geschichtete Myelingebilde. Bull. Ac. sc. St. Petersbourg. T. 29. p. 414—416.
1894. Fischer, Alfr., Zur Kritik der Fixirungsmethoden und der Granula. Anat. Anz. Bd. 9. p. 678—680.
1895. — — Neue Beiträge zur Kritik der Fixirungsmethoden. Anat. Anz. Bd. 10. p. 769—777.
1870. Flögel, H., Untersuchungen über die Struktur der Zellwand in der Gattung Pleurosigma. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 8. p. 472—512. Taf. 27.
1893. Gilson, E., La crystallisation de la cellulose et la composition chimique de la membrane cellulaire végétale. La cellule. T. 9. p. 397—446. 1 Pl.
1882. Grassmann, R., Das Pflanzenleben oder die Physiologie der Pflanzen. Stettin.
1884. Hansen, A., Ueber Sphärokrystalle. Arbeiten d. botan. Inst. Würzburg. Bd. 3. p. 92—122.
1872. Harting, P., Recherches de morphologie synthét. s. l. product. artific. d. quelqu. formations calcaires organiques. Naturk. Verhandel. d. k. Akad. Amsterdam. Afdel. d. Nat. Deel. 14. 84 p. 4 Taf.
1882. v. Höhnel, Fr., Beiträge zur Pflanzenanatomie und Physiologie VI. Ueber die Mechanik des Aufbaues der vegetabilischen Zellmembran. Botan. Ztg. 40. Jahrg. p. 595—605 und 616—622.
1884. — — Ueber das Verhalten der vegetabilischen Zellmembran bei der Quellung. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. II. p. 41—51.
1897. Kamerling, Z., Zur Biologie und Physiologie der Zellmembran. Vorläuf. Mittheilung. Botan. Centralbl. Bd. 72. p. 49 u. 58.
1898. — — Oberflächenspannung und Cohäsion. Botan. Centralbl. Bd. 73. p. 369, 417 u. 465.
1854. Keber, F., Mikroskopische Untersuchungen über die Porosität der Körper. Nebst einer Abhandlung über den Eintritt der Samenzellen in das Ei. Königsberg. 2 Taf.
1886. Klebs, G., Einige kritische Bemerkungen zu der Arbeit von Wiesner. Unters. üb. d. Organis. d. veget. Zellhaut. Biolog. Centralbl. 6. p. 449—455; s. auch Botan. Ztg. 1887. p. 697 ff.
1897. Kolkwitz, R., Ein Experiment mit Mooskapseln zur Prüfung der Bütschli'schen Schrumpfungstheorie. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 15. p. 106—110.

1887. Krabbe, G., Ein Beitrag zur Kenntniss der Struktur und des Wachsthums vegetabilischer Zellhäute. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 18. p. 346. Taf. 11—15.

1894. Küster, F. W., Ueber die blaue Jodstärke und die molekulare Struktur der „gelösten" Stärke. Annal. d. Chemie. Bd. 283. p. 360—379: s. auch von demselben: Ueber die blaue Jodcholalsäure. Zeitschr. f. physik. Chemie. Bd. 16. 1895. p. 156—163.

1882. Leitgeb, H., Ueber Sphärite. Mittheil. d. botan. Inst. Graz. Bd. 1. p. 255—360. 2 Taf.

1839. Link, H. F., Ueber die erste Entstehung der Krystalle. Annal. d. Physik u. Chemie. Bd. 46. p. 258—264. Taf. III.

1852. Maschke, O., Ueber die Amylonbläschen des Weizenkorns. Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 56. p. 400—410. Taf. II: s. auch von demselben: 1854. Einige Beobachtungen über lösliches und unlösliches Amylum, über Moosstärke und Leiocom. Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 61. p. 1—11.

1881. Meyer, Arth., Ueber die Struktur der Stärkekörner. Botan. Ztg. 1881. p. 841—846, p. 857—864. Taf. IX.

1884. — — Referat über Hansen's Abhandlung. Botan. Ztg. 1884. p. 327—334 u. zu Dr. Hansen's Berichtigung ibid. p. 503—509.

1886. — — Ueber die wahre Natur der Stärke-Cellulose Nägeli's. Botan. Ztg. 1886 Nr. 41. p. 697—703 u. p. 713—719.

1887. — — Zu F. W. Dafert's Ueber Stärkekörner, welche sich mit Jod roth färben. Berichte d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 5. p. 171.

1895. — — Untersuchungen über die Stärkekörner. Jena (G. Fischer). 9 Taf.

1896. — — Kritisches Referat über O. Bütschli, Ueber die Herstellung von künstlichen Stärkekörnern oder von Sphärokrystallen der Stärke. Botan. Ztg. 54. Jahrg. Nr. 21. p. 328—335.

1853. v. Mohl, H., Ueber die Zusammensetzung der Zellmembran aus Fasern. Botan. Ztg. 11. Jahrg. p. 753 u. p. 769. — Früher 1836. Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Struktur der Pflanzensubstanz. — 1837. Ueber den Bau der vegetabil. Zellmembran. Dissertation (auch 1845 in „Vermischte Schriften botan. Inhalts" p. 314).

1859. — — Ueber den vorgeblichen Gehalt der Stärkekörner an Cellulose. Botan. Zeitung 1859 p. 225—229 und p. 233—237.

1876. Moroschowetz, L., Zur Histochemie des Bindegewebes. Verhandl. d. nat.-med. Vereins Heidelberg. N. F. Bd. 1. p. 480—483.

1870. Musculus, F., Sur la dextrine insoluble dans l'eau. Compt. rend. Ac. sc. Paris. T. 50. p. 857—859.

1879. — — Ueber die Modifikationen, welche die Stärke in physikalischer Hinsicht erleidet. Botan. Ztg. Jahrg. 37. p. 345—351.

1887. Mylius, F., Ueber die blaue Jodstärke und die blaue Jodcholalsäure. Zeitschr. f. physiolog. Chemie. Bd. 11. p. 306—347, ferner in Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. Bd. 20 (1887). p. 688—695.

1858. Nägeli, C., Die Stärkekörner. Pflanzenphysiol. Untersuchungen, herausg. von Nägeli und Cramer. Heft 2. 624 p. 26 Taf.

1862 — — Beobachtungen über das Verhalten des polarisirten Lichtes gegen pflanzliche Organisation. Sitzungsber. d. k. b. Akad. München. p. 290—324. 1 Taf.

1862—63. — — Die Reaktion von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen. Sitzungsber. d. k. b. Akad. München. 1862. p. 280—313 u. 1863 (I). p. 161—199 u. 483—546.

1863. — — Ueber die chemische Zusammensetzung der Stärkekörner und Zellmembranen. Ibid. 1863 (II) p. 119—147.

1864. — — Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembran. Sitzungsber. d. k. b. Akad. München. I. p. 282. II. p. 114.

1879. — — Theorie der Gährung. München.

1877. Nägeli, C., und Schwendener, S., Das Mikroskop. 2. Auflage. Leipzig (W. Engelmann).

1874. Nägeli, W., Beiträge zur näheren Kenntniss der Stärkegruppe. Inaug.-Diss. Leipzig. 2 Taf.

1877. v. Nathusius-Königsborn, W., Untersuchungen über nichtcelluläre Organismen, namentlich Crustaceenpanzer, Molluskenschalen und Eihüllen. Berlin.

1890. — — Untersuchungen über die Harting'schen Körperchen; Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 49. p. 602—648. Taf. 28.

1892. Pfeffer, W., Studien zur Energetik der Pflanze. Abhandl. d. math.-physik. Klasse d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Leipzig. Bd. 18.

1870. Prantl, J., Das Inulin. München.

1883. Pringsheim, N., Ueber Cellulinkörner, eine Modifikation der Cellulose in Körnerform. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 1. p. 288—308. Taf. 7.

1897. Puriewitsch, K., Ueber die Wabenstruktur der pflanzlichen organischen Körper. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 15. p. 239—247.

1853. Robin, Ch. et Verdeil, F., Traité de chimie anatomique et physiologique. Paris.

1897. Rothert, W., Einige Bemerkungen zu Arthur Meyer's „Untersuchungen über die Stärkekörner". Berichte d. deutsch. botan. Gesellsch. 15. Jahrg. p. 231—239.

1861. Rouget, Sur les phénomènes de polarisation qui l'observent dans quelques tissus des végétaux et d'anim. et en particulier d. le tissu musculaire. Journ. de la physiologie. T. 5. p. 247—271. Pl. VI.

1864. Sachs, J., Ueber die Sphärokrystalle des Inulins und dessen mikroskop. Nachweisung in den Zellen. Botan. Ztg. p. 77—81 u. 85—91. Taf. II.

1879. Schimper, A. F. W., Untersuchungen über die Proteinkrystalloide der Pflanzen. Inaug.-Dissert. Strassburg. 66 p.

1881. — — Ueber die Krystallisation der eiweissartigen Substanzen. Zeitschr. f. Krystallographie und Mineralogie. Bd. 5. p. 131—168.

1863. Schultze, M., Die Struktur der Diatomeenschale, verglichen mit gewissen aus Fluorkiesel künstlich darstellbaren Kieselhäuten. Verhandl. d. naturhist. Vereins d. preuss. Rheinl. und Westfalens. 20. p. 1—42 (s. auch 1861 Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellschaft in Bonn. p. 69—72).

1886. Schwendener, S., Ueber das Saftsteigen. Sitzungsber. d. Berl. Akad. p. 588.

1893. Sohncke, L., Ungewöhnliche mikroskopische Bilder. Sitzungsber. d. k. b. Akad. München. Math.-phys. Kl. p. 223—235.

1896. Steinbrinck, C., Der Zahnbesatz der Laubmooskapsel als muthmasslicher Prüfstein für Bütschli's Schrumpfungstheorie. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 14. p. 401—407.

1897. — — Zur Kritik von Bütschli's Anschauungen über die Schrumpfungs- und Quellungsvorgänge in der pflanzlichen Zellhaut. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 15. p. 29—33.

1898. — — Ist die Cohäsion des schwindenden Füllwassers der dynamischen Zellen die Ursache der Schrumpfungsbewegungen von Antherenklappen, Sporangien und Moosblättern? Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 16. p. 97—103.

1882. Strasburger, E., Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute. 8. Taf. Jena.

1889. — — Histologische Beiträge. Heft II. Ueber das Wachsthum vegetabilischer Zellhäute. 4 Taf. Jena.

1886. van der Stricht, O., Recherches sur le cartilage hyalin. Arch. de Biologie. T. 7. 1887. p. 1—92. Pl. 1—3.

1866. Traube, M., Experimente zur Theorie der Zellenbildung und Endosmose. Arch. f. Anat. u. Physiologie. p. 87—165.

1882. Tullberg, T., Studien über den Bau und das Wachsthum des Hummerpanzers und der Molluskenschalen. K. Svenska Vet. Ak. Handl. Bd. 19. I. Hälfte. 57 p. 12 Taf.

1882. Vitzou, A. N., Recherches sur la structure et la formation des téguments chez les crustacées décapodes. Arch. de Zool expér. Vol. 10. p. 451—476. Pl. 23—28.

1875. Vogelsang, H., Die Krystalliten. Herausgeg. von F. Zirkel. Bonn.

1886. Wiesner, J., Untersuchungen über die Organisation der vegetabilischen Zellhaut. Sitzungsber. d. k. Akad. Wien. Abth. I. Bd. 93. p. 17.

1896. Wilson, E. B., The cell in development and inheritance. New York.

1887. Zimmermann, A., Die Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. In: Handb. d. Botanik herausgeg. von A. Schenk. Bd. III (2. Hälfte).

1880. Zulkowsky, K., Verhalten der Stärke gegen Glycerin. Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft. p. 1395—1398.

Namen- und Sach-Register.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

L.

M.



